

Zehengang bei Kindern – Häufigkeit, Ursachen und Behandlung mit propriozeptiven Einlagen

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin

des Fachbereichs Humanmedizin

der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von Annette Kornbrust

aus Würzburg

Gießen 2001

Aus dem Medizinischen Zentrum für Kinderheilkunde
des Klinikums der Justus-Liebig-Universität Gießen
Abteilung für Neuro- und Sozialpädiatrie
Leiter: Prof. Dr. Gerhard Neuhäuser

1. Gutachter: Prof. Dr. Neuhäuser
2. Gutachter: Prof. Dr. Stürz

Tag der Disputation: 23.10.2001

Für meine Familie und meine Freunde

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS.....	1
1 EINLEITUNG	4
1.1 DER BEGRIFF DES ZEHENGANGS	4
1.2 DER IDIOPATHISCHE ZEHENGANG	4
1.3 IDIOPATHISCHER ZEHENGANG AUS ORTHOPÄDISCHER SICHT	5
1.4 IDIOPATHISCHER ZEHENGANG ALS NORMVARIANTE	6
1.5 IDIOPATHISCHER ZEHENGANG UND ASSOZIIERTE AUFFÄLLIGKEITEN	6
1.6 DIFFERENTIALDIAGNOSE DES IDIOPATHISCHEN ZEHENGANGS	7
2 FRAGESTELLUNG: HÄUFIGKEIT UND URSACHEN DES ZEHENGANGS.....	10
3 MATERIAL UND METHODIK: HÄUFIGKEIT UND URSACHEN DES ZEHENGANGS.....	11
3.1 UNTERSUCHTE KINDER	11
3.2 UNTERSUCHUNG	11
3.3 FRAGEBOGEN	12
3.3.1 <i>Optimalitätsliste</i>	12
3.3.2 <i>Meilensteine</i>	13
3.3.3 <i>Fragen zum Zehengang</i>	13
3.3.4 <i>Familienanamnese</i>	14
3.4 PROBLEME DER DATENERHEBUNG.....	14
3.5 STATISTISCHE METHODEN.....	14
4 ERGEBNISSE: HÄUFIGKEIT UND URSACHEN DES ZEHENGANGS	16
4.1 BESCHREIBUNG DER UNTERSUCHTEN KINDER	16
4.1.1 <i>Untersuchungen und Altersverteilung</i>	16
4.1.2 <i>Geschlechterverteilung</i>	16
4.2 OPTIMALITÄTSLISTE: GEBURTSSCORE	16
4.3 MEILENSTEINE DER ENTWICKLUNG	16
4.4 ZEHENGANG IN DER FAMILIENANAMNESE	20
4.5 BENUTZUNG EINES "GEHFREIS" ODER "BABYHOPERS"	20
4.6 ZEHENGANG (ZG)	20
4.6.1 <i>Zehengang bei der Untersuchung</i>	20
4.6.2 <i>Zehengang in der Anamnese</i>	21
4.7 KORRELATIONEN	23
4.7.1 <i>Zehengang und Geschlecht</i>	23
4.7.2 <i>Zehengang und Geburtsscore</i>	25
4.7.3 <i>Zehengang und motorische Entwicklungsverzögerung</i>	26
4.7.4 <i>Zehengang und Zeitpunkt des freien Laufens</i>	27
4.7.5 <i>Zehengang und sonstige Gangauffälligkeiten</i>	28
4.7.6 <i>Zehengang und freies bzw. unterstütztes Laufen</i>	29
4.7.7 <i>Zehengang und Familienanamnese</i>	29
4.7.8 <i>Zehengang und "Gehfrei"</i>	31
4.8 STÄNDIGE UND PERSISTIERENDE ZEHENGÄNGER	33
4.9 ZEHENGÄNGER AUßERHALB DER U6 UND U7	36
4.10 NICHT IN DIE AUSWERTUNG EINBEZOGENE DATEN.....	38
5 DISKUSSION: HÄUFIGKEIT UND URSACHEN VON ZEHENGANG	39
5.1 MEILENSTEINE DER ENTWICKLUNG	39
5.2 ZEHENGANG	40
5.3 KORRELATIONEN	42
5.3.1 <i>Zehengang und Geschlecht</i>	42
5.3.2 <i>Zehengang und Geburtsscore</i>	44

5.3.3	Zehengang und Entwicklungsverzögerung	45
5.3.4	Zehengang und Laufalter	47
5.3.5	Zehengang und sonstige Gangauffälligkeiten	48
5.3.6	Zehengang und Familienanamnese	48
5.3.7	Zehengang und „Gehfrei“	49
5.3.8	Ausschließliche und persistierende Zehengänger	50
6	ZUSAMMENFASSUNG: HÄUFIGKEIT UND URSACHEN VON ZEHENGANG	52
7	SCHLUSSFOLGERUNG: URSACHEN INTERMITTIERENDEN UND PERSISTIERENDEN ZEHENGANGS	53
8	BEHANDLUNG DES ZEHENGANGS	54
8.1	THERAPIEKONZEPTE BEI HABITUELLEM ZEHENGANG	54
8.2	DER ZEHENGANG BEI ZEREBRALPARESE	55
8.3	THERAPIE DES ZEHENGANGS BEI ZEREBRALPARESE	57
8.4	KONZEPT DER PROPRIOZEPTIVEN EINLAGEN	58
8.4.1	Konzept der zerebralen Bewegungsstörungen nach Vojta	59
8.4.2	Sensomotorische Einlagen nach Jahrling	60
9	FRAGESTELLUNG: EVALUATION DES THERAPIE-ERFOLGS MIT PROPRIOZEPTIVEN EINLAGEN	62
10	MATERIAL UND METHODIK ZUR THERAPIEEVALUATION	63
10.1	UNTERSUCHUNGSMETHODE	63
10.2	UNTERSUCHTE KINDER	64
10.3	FRAGEBOGEN	64
10.3.1	Fragen zur Gangstörung	64
10.3.2	Meilensteine	65
10.3.3	Fragen zur Behandlung	65
10.4	PROBLEME DER DATENERHEBUNG	66
10.5	STATISTISCHE METHODEN	66
11	ERGEBNISSE DER THERAPIEEVALUATION	67
11.1	BESCHREIBUNG DER UNTERSUCHTEN KINDER	67
11.1.1	Alters- und Geschlechtsverteilung	67
11.2	HÄUFIGKEIT DER VERSCHIEDENEN FEHLSTELLUNGEN	67
11.3	ALLGEMEINER THERAPIEERFOLG	70
11.4	THERAPIEERFOLG BEI ZEREBRALPARESE	70
11.4.1	Schweregrade zerebralphoretischer Funktionsstörung	70
11.4.2	Verbesserung des Gangbildes	71
11.4.3	Spezifische Veränderungen bei einzelnen Patienten	72
11.4.4	Therapieerfolg und Schweregrad der Funktionsstörung	72
11.4.5	Therapieerfolg und Alter bei Therapiebeginn	74
11.4.6	Therapieerfolg und selbständiges Gehen	76
11.4.7	Therapieerfolg und Ein- bzw. Beidseitigkeit der Fehlstellung	78
11.4.8	Therapieerfolg und Entwicklungsverzögerung	79
11.4.9	Therapieerfolg und Behandlungsdauer	83
11.4.10	Therapieerfolg und Tragen der Einlagen	85
11.4.11	Therapieerfolg und Krankengymnastik	86
11.4.12	Nachlassen der Wirkung	87
11.4.13	Therapieabbruch	87
11.4.14	Akzeptanz der Einlagen	87
11.4.15	Andere Therapien	88
11.5	THERAPIEERFOLG BEI HABITUELLEN ZEHENGÄNGERN	89
11.5.1	Verbesserung des Gangbildes	89
11.5.2	Therapieerfolg und Alter bei Therapiebeginn	90
11.5.3	Therapieerfolg und Ein- bzw. Beidseitigkeit der Fehlstellung	90
11.5.4	Therapieerfolg und Behandlungsdauer	91
11.5.5	Therapieerfolg und Tragen der Einlagen	92
11.5.6	Therapieerfolg und Krankengymnastik	93

11.5.7	<i>Nachlassen der Wirkung</i>	93
11.5.8	<i>Therapieabbruch</i>	94
11.5.9	<i>Akzeptanz der Einlagen</i>	94
11.6	THERAPIEERFOLG BEI ANDEREN FUßFEHLSTELLUNGEN	95
11.6.1	<i>Verbesserung des Gangbildes</i>	95
11.6.2	<i>Spezifische Veränderungen bei einzelnen Patienten</i>	96
11.6.3	<i>Therapieerfolg und Alter bei Therapiebeginn</i>	96
11.6.4	<i>Therapieerfolg und selbständiges Gehen</i>	97
11.6.5	<i>Therapieerfolg und Ein- bzw. Beidseitigkeit der Fehlstellung</i>	98
11.6.6	<i>Therapieerfolg und Entwicklungsverzögerung</i>	99
11.6.7	<i>Therapieerfolg und Behandlungsdauer</i>	100
11.6.8	<i>Therapieerfolg und Tragen der Einlagen</i>	101
11.6.9	<i>Therapieerfolg und Krankengymnastik</i>	102
11.6.10	<i>Nachlassen der Wirkung</i>	102
11.6.11	<i>Therapieabbruch</i>	103
11.6.12	<i>Akzeptanz der Einlagen</i>	103
11.7	VERGLEICHENDE DARSTELLUNG DER PATIENTENGRUPPEN	104
11.8	NICHT IN DIE AUSWERTUNG EINBEZOGENEN DATEN.....	107
12	DISKUSSION: THERAPIE MIT PROPRIOZEPTIVEN EINLAGEN	108
12.1	HÄUFIGKEIT DER VERSCHIEDENEN FEHLSTELLUNGEN	108
12.2	ALLGEMEINER THERAPIEERFOLG	108
12.3	AKZEPTANZ DER EINLAGEN UND GRÜNDE FÜR EINEN THERAPIEABBRUCH.....	109
12.4	THERAPIEERFOLG BEI ZEREBRALPARESE.....	110
12.4.1	<i>Allgemeiner Therapieerfolg und Korrelationen mit dem Schweregrad der Zerebralparese sowie selbständigem Gehen</i>	110
12.4.2	<i>Korrelation des Therapieerfolgs mit der Ein- bzw. Beidseitigkeit der Fehlstellung, dem Alter bei Therapiebeginn und einer Entwicklungsverzögerung</i>	111
12.4.3	<i>Korrelation zwischen Therapieerfolg und Behandlungsdauer</i>	112
12.4.4	<i>Korrelation zwischen Therapieerfolg und dem Tragen der Einlagen</i>	112
12.4.5	<i>Korrelation zwischen Therapieerfolg und Krankengymnastik</i>	113
12.4.6	<i>Nachlassen der Wirkung</i>	113
12.5	THERAPIEERFOLG BEI HABITUELLEN ZEHENGÄNGERN	114
12.5.1	<i>Allgemeiner Therapieerfolg und Korrelationen mit Ein-/ Beidseitigkeit der Fehlstellung</i>	114
12.5.2	<i>Korrelation zwischen Therapieerfolg und Behandlungsdauer</i>	116
12.5.3	<i>Therapieerfolg und Tragen der Einlagen</i>	116
12.5.4	<i>Korrelation zwischen Therapieerfolg und Krankengymnastik</i>	116
12.5.5	<i>Nachlassen der Wirkung</i>	116
12.6	THERAPIEERFOLG BEI ANDEREN FUßFEHLSTELLUNGEN	117
12.7	VERGLEICHENDE DARSTELLUNG DER PATIENTENGRUPPEN	118
13	ZUSAMMENFASSUNG: THERAPIEERFOLG MIT PROPRIOZEPTIVEN EINLAGEN	120
14	SCHLUSSFOLGERUNG ZUM THERAPIEERFOLG MIT PROPRIOZEPTIVEN EINLAGEN	122
15	AUSBLICK ZUR THERAPIEEVALUATION	123
16	LITERATUR	124
17	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	133
18	ANHANG	134

1 Einleitung

1.1 Der Begriff des Zehengangs

Gelegentlich werden Kinder in der pädiatrischen Praxis vorgestellt, weil sie "auf den Zehenspitzen gehen". Der Begriff "Zehengang" oder gar "Zehenspitzensgang" ist dabei genau genommen falsch, da diese Kinder mit dem Vorfuß auftreten und die Zehen dabei flach auf dem Boden liegen [Weber 1978]. In der Literatur wird von Zehengang gesprochen, deshalb wird auch hier dieser Begriff beibehalten.

Wenn dieses Gangbild länger als 3 Monate besteht, bezeichnet man dies als "persistierenden Zehengang". Da retrospektive Studien wie diese oft auf die Angaben der Eltern angewiesen sind und daher eine genaue zeitliche Abgrenzung schwierig ist, beziehen manche Autoren auch Kinder ein, die kürzere Zeit auf den Zehen liefen [Accardo et al. 1992]; wir werden uns dieser Definition anschließen.

1.2 Der idiopathische Zehengang

Bei einigen Kindern mit persistierendem Zehengang findet man auch nach ausführlicher Anamnese und Untersuchung keine weiteren Auffälligkeiten. Man bezeichnet sie dann als "idiopathische" oder "habituelle" Zehengänger bzw. "idiopathic toe walkers" (ITW) [Griffin et al. 1977, Kalen et al. 1986, Hicks et al. 1988, Shulman et al. 1997, Sala et al. 1999, Tidwell 1999].

Sie laufen von Anfang an auf den Zehen, können auf dem ganzen Fuß stehen und mit normaler Abrollbewegung laufen, finden den Zehengang aber offenbar angenehmer [Tachdjian 1972, Griffin et al. 1977, Kalen et al. 1986, Sobel et al. 1997, Tidwell 1999].

Oft tritt der Zehengang intermittierend [Griffin et al. 1977, Papariello & Skinner 1985, Kalen et al. 1986, Caselli et al. 1988, Sobel et al. 1997] oder nur beim Barfußlaufen [Stricker & Angulo 1998] auf. "Diese Kinder sehen aus wie normale Kinder, die auf den Zehen laufen" charakterisierten sie Hall et al. [1967] und Caselli et al. [1988]. In vielen Fällen entwickeln die Kinder im Lauf der Zeit spontan ein normales Gangbild [Tidwell 1999].

Die Ursache für idiopathischen Zehengang ist unbekannt. Verschiedene Hypothesen bieten Erklärungsmöglichkeiten an.

1.3 Idiopathischer Zehengang aus orthopädischer Sicht

Hall et al. [1967] fanden bei sonst normalen Kindern mit Zehengang eine Kontraktur der Wadenmuskeln mit Verkürzung des Sehnenanteils und einen weit nach distal reichenden Muskelbauch. Dies führte zu einer Equinus-Deformität zwischen 30 und 60 Grad. *Hall et al.* nannten dieses klinische Bild "congenital short tendo calcaneus" (=STC). *Tachdijan* [1972] fand zusätzlich häufig eine abnormal tiefe Insertion des hypertrophierten M. soleus. Eine Verkürzung der Achillessehne wird von vielen Autoren mit idiopathischem Zehengang gleichgesetzt [*Griffin et al.* 1977, *Kalen et al.* 1986, *Hicks et al.* 1988, *Tidwell* 1999, *Sala et al.* 1999], von manchen allerdings auch differentialdiagnostisch abgegrenzt [*Furrer & Deonna* 1982, *Caselli et al.* 1988, *Sobel et al.* 1997]. Einige Autoren unterscheiden dabei zwischen einer dynamischen und einer fixierten Equinus-Deformität [*Conrad & Bleck* 1980]. *Sobel et al.* [1997] fanden bei Zehengängern mit Plantarflexionskontraktur im Vergleich zu rein funktionellen ITW einen höheren Prozentsatz an Jungen, häufiger eine positive Familienanamnese und konstanten Zehengang. Es herrscht keine Einigkeit darüber, ob die Achillessehnenverkürzung Ursache oder Folge des permanenten Zehengangs ist [*Furrer & Deonna* 1982, *Sala et al.* 1999] oder, anders formuliert, wie häufig Kinder aus dem Zehengang "herauswachsen" in ein reifes Gangbild, bzw. wie häufig sich Kontrakturen entwickeln, die für ein Persistieren des Zehengangs verantwortlich sind [*Stricker & Angulo* 1998]. Nach den Beobachtungen von *Caselli et al.* [1988] und *Sala et al.* [1999] hatten zwar viele idiopathische Zehengänger eine leichte Einschränkung der Dorsalflexion im oberen Sprunggelenk, was aber kaum die Spitzfußstellung von 30 bis 60 Grad beim Laufen erklären kann. Auch *Furrer & Deonna* [1982] und *Sobel et al.* [1997] sahen darin eher einen Anpassungsprozess an langdauernden Zehengang, nicht dessen primäre Ätiologie. Mit einer Verkürzung der Achillessehne kann die Ursache des idiopathischen Zehengangs jedenfalls nicht immer erklärt werden, da beispielsweise *Sobel* [1997] nur bei 46% der idiopathischen Zehengänger eine eingeschränkte Sprunggelenksbeweglichkeit fand.

1.4 Idiopathischer Zehengang als Normvariante

Zehengang wird oft als vorübergehendes Phänomen bei Kindern beschrieben, die gerade Laufen lernen [Colbert & Koegler 1958, Statham & Murray 1971, Tachdjian 1972, Illingworth 1975, Weber 1978, Green 1980, Furrer & Deonna 1981]. Innerhalb von 3 bis 6 Monaten entwickeln sie dann ein normales Gangbild [Tachdjian 1972]. Kalen et al. [1986] bezeichnen sogar einen intermittierenden Zehengang bis zum Alter von 7 Jahren als normal. Basierend auf diesen Annahmen erklären deshalb einige Autoren den persistierenden Zehengang als Retardierung in einem normalen Übergangsstadium [Weber 1978, Furrer & Deonna 1981, Caselli et al. 1988] oder einfach als Gewohnheit [Griffin et al. 1977]. Bisher gibt es aber kaum Studien, die den idiopathischen Zehengang an einer größeren Anzahl von Kindern überprüft oder die Inzidenz am Anfang der Laufentwicklung bestimmt haben.

Gangstudien von Burnett & Johnson [1971] und Statham & Murray [1971] zeigten aber, dass das frühe Gangmuster von Kindern durch initialen Kontakt mit der Ferse oder mit dem ganzen Fuß gekennzeichnet ist. Im Lauf des zweiten Lebensjahres entwickelt sich dann der charakteristische Fersen-Zehen-Gang [Katz & Mubarak 1984] mit initialem Fersenkontakt ab 18 Monaten und Fersen-Zehen-Gang ab 3 Jahren [Sutherland et al. 1980]. Wenige Kinder traten mit dem Vorfuß zuerst auf. Aufgrund dieser Ganganalysen bezweifeln Shulman et al. [1997] und Sala et al. [1999], dass es sich beim persistierenden Zehengang um das gewohnheitsmäßige Beibehalten eines normalen Übergangsstadiums handelt.

1.5 Idiopathischer Zehengang und assoziierte Auffälligkeiten

Die beiden vorangehenden Theorien sehen den idiopathischen Zehengang als harmloses Symptom und isolierte Gangauffälligkeit an. Einige Studien lassen daran Zweifel aufkommen: Sie fanden bei habituellen Zehengängern gehäuft Lern- und Sprachschwierigkeiten [Montgomery & Gauger 1978, Papariello & Skinner 1985, Kalen et al. 1986, Accardo et al. 1992] sowie motorische Defizite [Shulman et al. 1997]. Deshalb wird gefordert, bei allen idiopathischen Zehengängern eine sorgfältige Entwicklungsdiagnostik durchzuführen.

Eastwood et al. [1997] fanden mit einem überproportionalen Anteil von Typ 1- Fasern histomorphologische Auffälligkeiten im M. gastrocnemius von idiopathischen Zehen-

gängern; sie folgerten daraus, dass ein neuropathischer Prozess zugrunde liegen könnte. Ergebnisse elektromyographischer Gangstudien sind uneinheitlich: *Kalen et al.* [1986] fanden ähnliche Gangmuster wie bei spastischen Kindern und vermuteten eine unbekannte zentrale Störung, was durch andere Studien nicht bestätigt wurde: *Hicks et al.* [1988] stellten variabelere Gangmuster als bei Zerebralparese fest, *Papariello & Skinner* [1985] und *Kelly et al.* [1997] registrierten die gleichen Gangmuster wie bei normalen Kindern, die auf den Zehen liefen, gegenüber charakteristischen Knie- und Fußbewegungen bei Zerebralparese.

Schließlich wird eine genetische Komponente diskutiert, da habitueller Zehengang familiär gehäuft vorkommt. *Levine* [1973] und *Katz & Mubarak* [1984] vermuteten aufgrund von Familienstudien einen autosomalen Erbgang mit variabler Expression.

1.6 Differentialdiagnose des idiopathischen Zehengangs

Einig sind sich alle Autoren, dass habitueller Zehengang immer eine Ausschlussdiagnose darstellt, da zahlreiche zerebrale oder neuromuskuläre Störungen mit diesem Symptom einhergehen können. In der Praxis ist die Differentialdiagnose oft schwierig, da Zehengang das erste oder einzige Symptom sein kann. Folgende Krankheitsbilder sind häufig mit Zehengang assoziiert:

- **Spastische Zerebralparese** [*Sharrard & Bernstein* 1972]. Die Kinder fallen durch erhöhten Muskeltonus, gesteigerte Muskeleigenreflexe, Spitzfußstellung (*pes equinus*) und motorische Entwicklungsverzögerung auf [*Caselli et al.* 1988]. Bei gering ausgeprägten Symptomen kann die Abgrenzung zum idiopathischen Zehengang schwierig sein [*Furrer & Deonna* 1982, *Papariello & Skinner* 1985, *Kelly et al.* 1997, *Rose et al.* 1999]. Für Zerebralparese spricht beispielsweise eine unwillkürliche Extension des Fußes [*Rose et al.* 1999] oder eine normale Dorsalflexion des Fußes bei gebeugtem Knie, während bei habituellem Zehengang mit Achillessehnenverkürzung die Bewegungseinschränkung auch bei Kniebeugung bestehen bleibt [*Illingworth* 1979].
- **Verkürzung der Achillessehne.** Dieses orthopädische Krankheitsbild (S.2) hat einen muskulär bedingten Spitzfuß zur Folge.
- **Verzögerte Reifung des Tractus corticospinalis.** Eine familiär vorkommende Störung führt durch fehlende Hemmung der Dehnungsreflexe zu spastischem Zehengang, der im Alter von 6 bis 8 Jahren langsam verschwindet [*Tachdijan* 1972].

- **Klumpfuß.** Die angeborene Fußfehlstellung mit Adduktion, Supination, Hohl- und Spitzfuß kann zum Zehengang führen. Sie ist oft mit verspätetem und unsicherem Gehen kombiniert [Tax 1985].
- **Geistige Behinderung.** *Montgomery & Gauger* [1978] stellten bei geistig retardierten Zehengängern eine vestibuläre Fehlfunktion fest. Sie postulierten, dass der Zehengang dazu dient, die Propriozeption in den Tarsometatarsalgelenken zu stimulieren und den sensorischen Input zu verstärken. *Weber* [1978] nahm an, der Zehengang bei geistig retardierten und autistischen wie auch bei normalen Kindern sei durch Fixation in einem normalen Übergangsstadium bedingt. *Accardo & Whitman* [1989] fand eine hohe Inzidenz des Zehengangs bei Kindern mit Autismus (63 %), schweren Sprachstörungen (40 %), geistiger Retardierung (36 %) und Lernbehinderungen (20 %).
- **Kindliche Psychosen: Schizophrenie und Autismus.** *Colbert & Koegler* [1958] fanden bei 10 von 52 schizophrenen Kindern einen persistierenden Zehengang. Sie sahen diesen als Teil des spontanen Wirbelns, Tanzens und Hüpfens der Kinder. Diese intensive Beschäftigung mit Raum und Bewegung soll ihren Ursprung in einer vestibulären Dysfunktion haben. *Weber* [1978] beobachtete bei 36 von 66 autistischen Kindern Zehengang, ihrer Meinung nach liegt die Hauptstörung in einem Ungleichgewicht zwischen stimulierenden und hemmenden Einflüssen im ZNS.
- **Clumsy Child Syndrome.** Bei dieser Verhaltensstörung fallen die Kinder durch Impulsivität, Unkonzentriertheit, Hyperkinesie sowie mangelnde motorische Kontrolle auf und zeigen oft einen Zehengang [Tax 1985, Caselli et al. 1988].

Bei manchen Krankheitsbildern tritt sekundär ein Zehengang auf, nachdem die Kinder zuvor normal liefen:

- **Progressive Muskeldystrophie.** Bei verschiedenen Formen der Muskeldystrophien ist zunehmender Zehengang das erste Symptom und Ausdruck einer Schwäche der Fußflexoren bei Ungleichgewicht zwischen den unterschiedlich stark betroffenen Muskelgruppen [Weber 1978, Gardner-Medwin & Johnston 1984]. Bei unklarer Ursache des Zehengangs sollte daher die Kreatin - Kinase im Serum überprüft werden, um eine Muskeldystrophie auszuschließen [Shield 1984].
- **Hereditäre motorisch-sensible Neuropathien (HMSN).** Neben Sensibilitätsstörungen kommt es häufig zu Gangstörungen, wie z.B. Zehengang [Westerberg et al.

1983]. Bei der peronealen Muskelatrophie kommt es neben Parästhesien, Krämpfen und Muskelschwäche zum Zehengang, der ab einem Alter von 6 Jahren auftritt. Oft sind auch andere, vor allem männliche Familienmitglieder betroffen [Illingworth 1975, Tax 1985, Caselli et al. 1988].

- **Dystonia musculorum deformans.** Die fortschreitende Krankheit der Basalganglien, die zwischen 5 und 15 Jahren beginnt, führt zum Zehengang durch Hypertonie der Wadenmuskulatur mit Plantarflexion und Equinusstellung [Illingworth 1975, Tax 1985, Caselli et al. 1988].
- **Progressive Dystonie** (Segawa-Krankheit). Die seltene Dopa-responsive Form der Dystonie geht mit Zehengang einher und hat einen fluktuierenden Verlauf mit Zunahme der Symptome im Lauf des Tages [Gherpelli et al. 1995].
- **Diastematomyelie, Tethered Cord Syndrome.** Die bindegewebige Anheftung des Rückenmarks an den wachsenden Spinalkanal führt zu spastischen Paresen, ab einem Alter von 2 bis 3 Jahren auch zu Gangstörungen mit zunehmendem Zehengang [Tax 1985, Caselli et al. 1988, Accardo & Whitman 1989].
- **Rückenmarkstumoren.** Hier kann ebenfalls Zehengang vorkommen, häufiger ist allerdings eine progrediente Skoliose als Frühsymptom [Illingworth 1975, Accardo & Whitman 1989].
- Akut auftretenden Zehengang für einige Tage beobachtete Buie [1975] nach **viralen Infektionen der oberen Luftwege**. Dies kann durch eigene Erfahrung (Kinderklinik Gießen) bestätigt werden. Als Ursache wird eine Myositis vermutet.

2 Fragestellung: Häufigkeit und Ursachen des Zehengangs

Die vorliegenden Studien zum Zehengang werfen folgende Fragen auf:

- Ist dieses Gangbild ein normales Übergangsstadium in der Entwicklung und damit eine der möglichen Varianten auf dem Weg zur unabhängigen, aufrechten Fortbewegung - wenn ja, wie groß ist dann der Anteil jener Kinder, die diese Variante zeigen?
- Oder ist Zehengang auch schon zu Beginn des Laufenlernens mit Entwicklungsauffälligkeiten assoziiert, wie es bei älteren, persistierenden Zehengängern mittlerweile als erwiesen angesehen werden kann?

Bisher wurde die Inzidenz des Zehengangs zwar bei älteren Kindern, nicht aber am Anfang der Laufentwicklung untersucht. Es wurden deshalb hier Kinder bei den Routine-Vorsorgeuntersuchungen U6 und U7 beobachtet. Wir stellten fest, welches Gangbild sie zeigten und befragten die Eltern, wie sie das Gangbild ihres Kindes im bisherigen Entwicklungsverlauf einschätzten.

Um die Bedeutung des Symptoms Zehengang beurteilen zu können, wurden dazu folgende Zusammenhänge geprüft:

- Gibt es Auffälligkeiten in der prä-, peri- und postnatalen Anamnese?
- Gibt es Auffälligkeiten in der bisherigen Entwicklung?
- Gibt es andere Auffälligkeiten bezüglich des Gangbildes?
- Gibt es Auffälligkeiten in der Familienanamnese?
- Gibt es einen Zusammenhang mit der Benutzung eines "Gehfreis" oder "Babyhoppers"?

Im anschließenden zweiten Teil der Arbeit wurde vor dem Hintergrund der bisherigen Therapien von Zehengang eine neue Behandlungsmethode mit Hilfe von sensomotorischen Einlagen untersucht.

3 Material und Methodik: Häufigkeit und Ursachen des Zehengangs

3.1 Untersuchte Kinder

Die vorliegende Studie befasst sich mit Kindern, die zu den Vorsorgeuntersuchungen U6 und U7 in der Kinderarztpraxis Dres. Richter/Müller/Stier/Schulze-Velmede in Butzbach vorgestellt wurden.

Die Untersuchungen waren vom 26.2. - 25.3.1997 sowie vom 16.9. - 26.10.1997. In diesem Zeitraum sahen und befragten wir 112 Kinder und deren Eltern. Der Fragebogen wurde an die Eltern der ersten Untersuchungsperiode im Nachhinein verschickt und steht deshalb nur für 95 (85%) Kinder zur Verfügung. Diese 95 Kinder wurden in unsere Untersuchung einbezogen, es fand keine Selektion statt.

3.2 Untersuchung

Im Rahmen des normalen Ablaufs der Vorsorgeuntersuchung beobachteten wir das Gangbild des barfuss laufenden Kindes bei selbstgewählter Geschwindigkeit. Die Kinder wurden folgenden Gruppen zugeordnet:

- Kinder, die noch nicht laufen konnten;
- Kinder, die während der Untersuchung immer auf dem ganzen Fuß liefen;
- Kinder, die zwischendurch auf den Zehen liefen;
- Kinder, die ausschließlich auf den Zehen liefen.

Alle Kinder, vor allem aber die permanenten Zehengänger, wurden mit den für die U6 und U7 im normalen Praxisablauf üblichen Untersuchungen auf sonstige Auffälligkeiten bezüglich Gangbild, Entwicklung und neurologischem Befund überprüft; pathologische oder fragliche Symptome wurden vermerkt.

Kinder, die im Untersuchungszeitraum aus anderen Gründen in die Praxis kamen und auf den Zehen liefen, wurden auf die gleiche Weise untersucht. Diese Kinder sind separat berücksichtigt.

Spezielle neurologische und orthopädische Untersuchungen wurden nicht durchgeführt, da

- ein Ziel der Studie die Feststellung war, ob das Gangbild der Kinder bei den üblichen Untersuchungen auffiel und zu weiterer Diagnostik oder Therapie Anlass gab,
- auch mit genaueren Untersuchungen eine Differentialdiagnose des Zehengangs oft nicht möglich ist [Furrer & Deonna 1982, Papariello & Skinner 1985],
- einige Untersuchungen, z.B. die Messung des Bewegungsausmaßes im oberen Sprunggelenk, die aktive Mitarbeit der Kinder erfordern und deshalb im Alter von ein oder zwei Jahren nur schwer möglich sind,
- dies aus Gründen der Praxisorganisation nicht zu verwirklichen war.

3.3 Fragebogen

Fragebogen Nr.1 (siehe Anhang) wurde den Eltern zugeschickt oder während des Gesprächs bei der Untersuchung ausgefüllt. Fehlende Daten wurden, wenn möglich, später telefonisch ergänzt.

3.3.1 Optimalitätsliste

Der erste Teil des Fragebogens (01: Fragen zu Schwangerschaft und Geburt) diente der Erfassung der prä-, peri- und postnatalen Anamnese. Er orientiert sich an der Liste der optimalen obstetrischen Bedingungen von *Prechtl* [1968] in ihrer Erweiterung und Modifizierung von *Banzhaf* [1990]. Diese Liste von Faktoren beschreibt die optimale prä-, peri- und postnatale Situation eines Kindes. Die Summe dieser Faktoren ermöglicht dann die Ermittlung eines Maßes für die Optimalität. Unsere Untersuchung stützt sich auf die Angaben der Eltern und nicht wie bei *Banzhaf* [1990] auf die Auswertung von Krankenjournalen. Deshalb wurde die Liste so überarbeitet, dass Fragen, die von den Eltern voraussichtlich nicht zu beantworten waren, gestrichen und folgende unserer Meinung nach wichtigen Punkte hinzugefügt wurden:

- kein Zigarettenkonsum in der Schwangerschaft;
- kein Alkoholkonsum in der Schwangerschaft;
- keine Verwendung einer Saugglocke oder Zange unter der Geburt.

Damit umfasst die Optimalitätsliste einen Gesamtscore von 40 Faktoren. Anhand dieser Liste wurde für jedes Kind der individuelle Optimalitätsscore ermittelt, indem für jeden Faktor bei Optimalität ein Punkt vergeben wurde. Der durchschnittliche Optimalitätsscore wurde für die verschiedenen Gangbilder verglichen.

Die Perzentilen für Größe, Kopfumfang und Gewicht (Optimalität zwischen der 10. und 90. Perzentile) wurden nach den aktuellen Perzentilenkurven von *Weller & Jorch* [1993] ermittelt.

3.3.2 Meilensteine

Der zweite Abschnitt des Fragebogens (02: Fragen zur Entwicklung Ihres Kindes) erfasst die motorische und sprachliche Entwicklung. Dazu wurde das Alter erfragt, in dem die Kinder bestimmte Fähigkeiten sicher beherrschten. Die gleichen Meilensteine der Entwicklung wurden auch von *Michaelis et al.* [1996] und *Largo et al.* [1985] in ähnlichen Untersuchungen verwendet. Wie bei diesen wurden Perzentilenkurven ermittelt. Anschließend verglichen wir die Ergebnisse der drei Untersuchungen.

Um eine Entwicklungsverzögerung zu quantifizieren, erhielten die Kinder für jede Überschreitung der 90. Perzentile einen Punkt. Wenn die Zeit bis zum Erreichen des Meilensteins um mehr als das Doppelte überschritten wurde, gab es zwei Punkte, wenn der Entwicklungsschritt gar nicht erreicht wurde, drei Punkte. Aus den Überschreitungen bei allen Meilensteinen wurde ein Score gebildet und für die verschiedenen Gangbilder verglichen. Außerdem wurde das Erreichen des Meilensteins "frei Laufen" getrennt betrachtet und bei den einzelnen Gangbildern verglichen.

3.3.3 Fragen zum Zehengang

Hier (03: Fragen zum Zehengang) wurde erfragt, ob die Eltern eine Phase des Zehengangs in der Entwicklung ihres Kindes beobachtet hatten. Es wurde unterschieden zwischen Kindern, die

- nie einen Zehengang gezeigt haben,
- vorübergehend auf den Zehen liefen,
- zum Zeitpunkt der Befragung zwischendurch Zehengang zeigten,
- bis zum Zeitpunkt der Befragung ausschließlich auf den Zehen liefen.

Weiter wurden sonstige Gangauffälligkeiten erfasst.

Schließlich wurde festgehalten, ob die Kinder in einen "Babyhopser" oder in ein "Geh-frei" gesetzt wurden. Die Häufigkeit des Einsatzes bei den verschiedenen Gangbildern wurde verglichen.

3.3.4 Familienanamnese

Im letzten Teil des Fragebogens (04: Fragen zu ihrer Familie) wurde ermittelt, ob bei weiteren Familienmitgliedern ein Zehengang aufgetreten war. Außerdem wurde nach Krankheiten und Auffälligkeiten der Füße, der Muskeln, des Gehirns und der Nerven in der Familie gefragt.

3.4 Probleme der Datenerhebung

Die Resultate sind in ihrer Vergleichbarkeit mit anderen Studien eingeschränkt, da es keine einheitliche Definition bezüglich Dauer und Ausprägung des Phänomens Zehengang gibt [Accardo et al. 1989].

Aufgrund der retrospektiv angelegten Befragung ist die Genauigkeit der Angaben begrenzt durch das Erinnerungsvermögen der Eltern. Zudem unterliegen die Angaben der subjektiven Beobachtung und unterschiedlichen Kooperationsbereitschaft.

Dies zeigte besonders die Frage, was Eltern unter Zehengang verstehen. Wir versuchten, durch genaues Nachfragen falsch positive Antworten zu vermeiden und diejenigen Zehengänger auszuschließen, die nur "spielerisch" zwischendurch auf dem Vorfuß liefen.

3.5 Statistische Methoden*

Zur statistischen Auswertung der Daten wurden die Programme Excel und SPSS eingesetzt. Ob die Unterschiede in den Häufigkeiten zwischen den Untersuchungsgruppen über den Rahmen einer gleichmäßigen Verteilung hinausgehen, war mit dem

* Für Beratung und Hilfe danke ich Herrn Pabst, Institut für Medizinische Informatik der Universität Gießen.

Chi-Quadrat-Test zu prüfen, bei den quantitativen Score-Vergleichen mittels ANOVA-Test.

Unterschiede in den Ergebnissen galten ab einem p-Wert $\leq 0,05$ als statistisch signifikant.

4 Ergebnisse: Häufigkeit und Ursachen des Zehengangs

4.1 Beschreibung der untersuchten Kinder

4.1.1 Untersuchungen und Altersverteilung

Im Rahmen der Vorsorgeuntersuchungen U6 und U7 sahen und befragten wir 112 Kinder und deren Eltern.

Ein vollständig ausgefüllter Fragebogen lag von 95 (85%) Kindern vor; diese wurden in die Untersuchung einbezogen. 42 (44%) Kinder kamen zur U6, 53 (56%) zur U7. Das mittlere Alter bei der U6 betrug 12,0 Monate (10,5-15,0 Monate), bei der U7 24,1 Monate (21,0-28,0 Monate).

4.1.2 Geschlechterverteilung

Von den 95 Kindern waren 50 (53%) Mädchen und 45 (47%) Jungen. Das Geschlechtsverhältnis Mädchen : Jungen betrug demnach 10 : 9.

4.2 Optimalitätsliste: Geburtsscore

Der Maximalwert des Geburtsscores bei optimalen prä-, peri- und postnatalen Bedingungen betrug 40 Punkte. Die erreichten Werte lagen zwischen 23 und 40 Punkten, der Mittelwert bei 35,8 Punkten ($SD \pm 3,0$). Dies entspricht 89,5% des Optimalscores.

4.3 Meilensteine der Entwicklung

Die Meilensteine der motorischen und sprachlichen Entwicklung waren den Eltern oft nicht genau in Erinnerung, so dass die Angaben kritisch zu betrachten sind.

Tab.1 zeigt die 50. und 90. Perzentile der Meilensteine der motorischen Entwicklung und zum Vergleich die von *Michaelis* [1996] in Tübingen und von *Largo* [1985] in Zürich prospektiv erhobenen Daten (siehe auch Abb.1). Die Entwicklungsphasen "Kriechen/Robben" und "Krabbeln" wurden nicht immer durchlaufen: 38% (32 von 84 Angaben) der Kinder sind nie gekrochen oder gerobbt und 8% (7 von 88 Angaben) nie gekrabbelt.

Meilensteine	range	50 P: BB	50 P: T	50 P: Z	90 P: BB	90 P: T
Rücken > Bauch*	2,5- 8,5	5,5	5,7	5,0	7,0	7,7
Bauch > Rücken**	3,0- 8,5	5,5	5,9	6,0	8,0	7,7
Sitzen	4,0-11,0	7,5	7,2	-	9,5	8,6
Kriechen / Robben	4,5-11,0	7,0	7,5	7,0	9,5	9,5
Krabbeln	4,5-14,0	8,5	8,5	8,3	11,0	10,5
Hochziehen - Stehen	5,0-15,0	9,8	8,5	8,5	11,8	10,5
Stehen - Festhalten	6,0-16,0	10,0	8,5	8,4	12,0	11,5
Gehen - Festhalten	6,0-17,0	10,5	9,8	9,5	13,0	11,7
Freies Gehen	9,0-19,0	12,8	12,0	13,0	15,0	14,3

Tabelle 1: motorische Entwicklung in Butzbach (BB), Tübingen (T) und Zürich (Z)

* Drehen von der Rückenlage in die Bauchlage

** Drehen von der Bauchlage in die Rückenlage

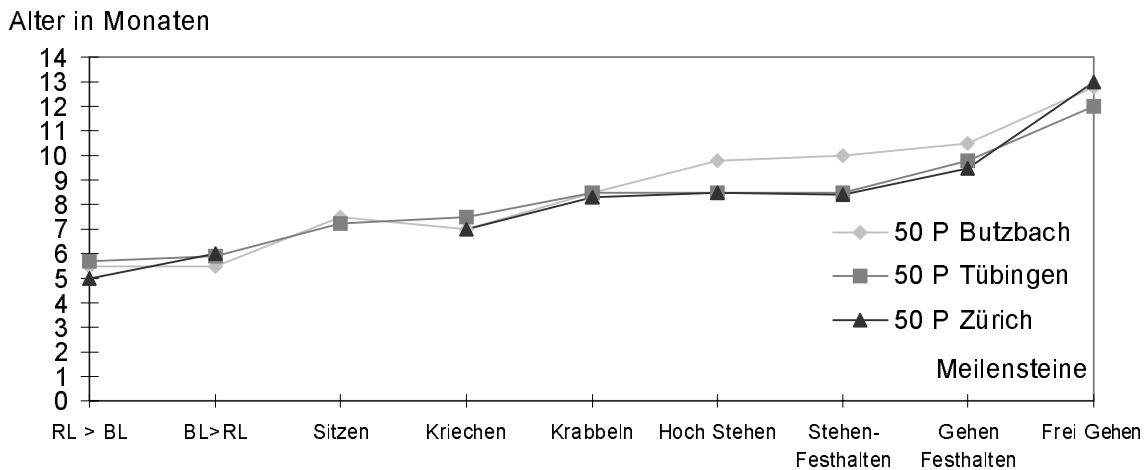


Abbildung 1: motorische Entwicklung in Butzbach (BB), Tübingen (T) und Zürich (Z)

Tab.2 zeigt die 50. und 90. Perzentile der Meilensteine für die sprachliche Entwicklung, zum Vergleich die von *Largo* [1986] in Zürich erhobenen Daten.

Meilensteine	range	50 P: BB	50 P: Z (w-m)	90 P: BB	90 P: Z (w-m)
bildet Silbenketten	2,0-13,0	7,0	6,6 - 6,7	10,1	8,7 - 8,7
sagt Mama / Papa	6,0-19,0	11,5	11,9 - 11,8	18,0	17,0 - 17,5
sagt ein anderes Wort	6,0-27,0	12,0	12,4 - 11,8	18,0	17,6 - 17,6
sagt 6 Wörter	12,0-30,0	17,0	16,8 - 18,9	24,0	22,7 - 23,7
benennt Bilder	9,0-29,0	18,0	17,1 - 17,4	23,0	19,2 - 23,2
befolgt Aufträge	10,0-27,0	17,5	16,9 - 17,3	20,3	18,0 - 22,8
zeigt Körperteile	14,5-24,0	18,0	16,6 - 17,0	24,0	18,0 - 22,8

Tabelle 2: sprachliche Entwicklung in Butzbach (BB) und Zürich (Z)

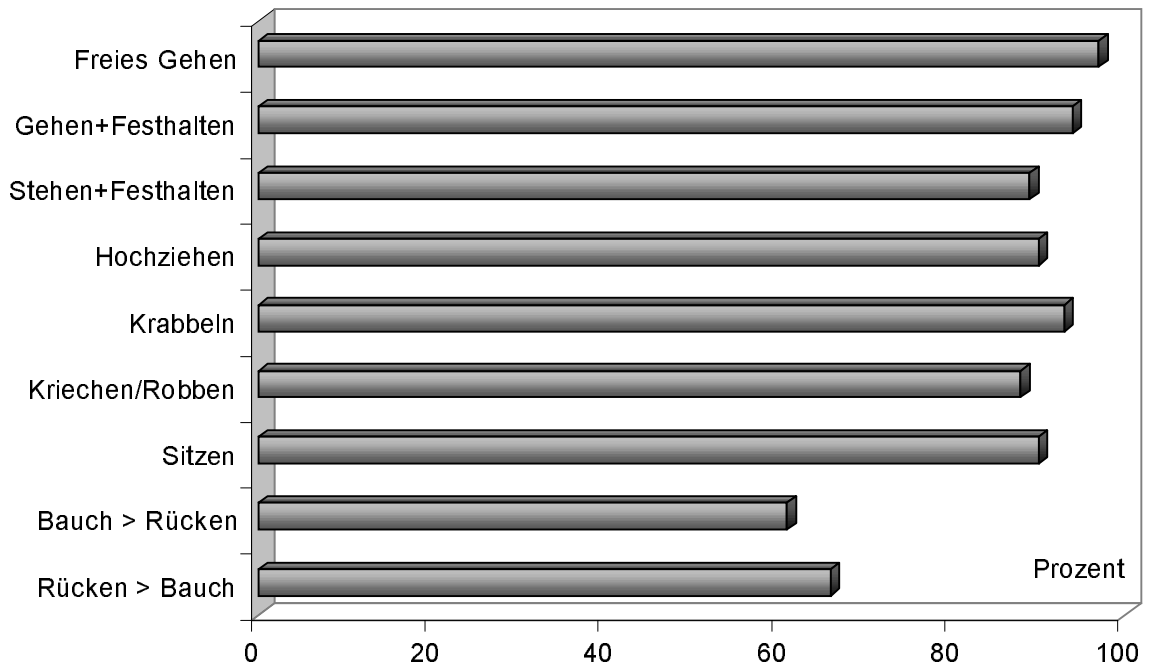


Abbildung 2: Angaben motorischer Meilensteine

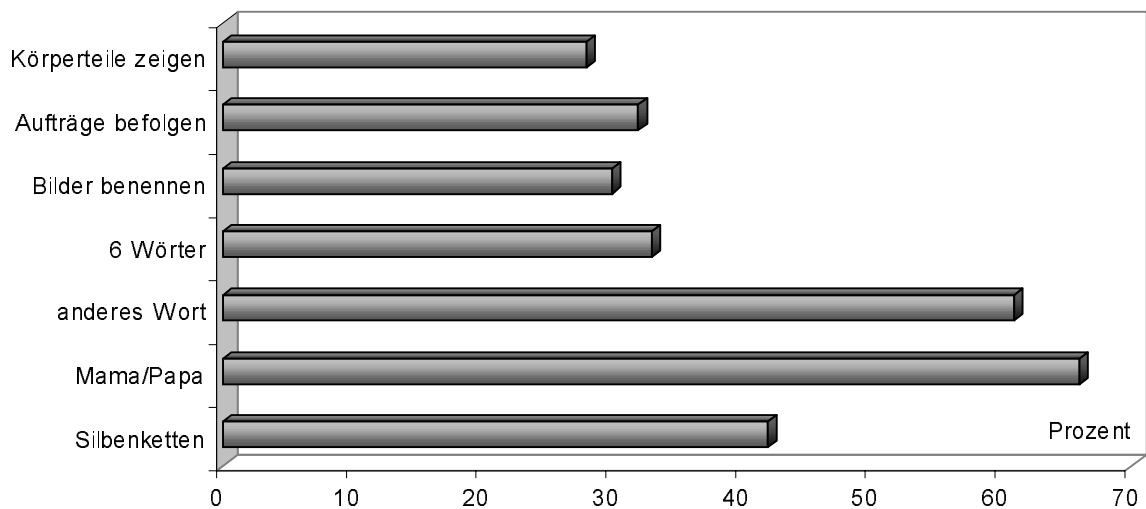


Abbildung 3: Angaben sprachlicher Meilensteine

Abb.2 und 3 zeigen die Häufigkeit, mit der Eltern sich an das Erreichen der Meilensteine erinnern konnten. Die motorische Entwicklung war den Eltern deutlich häufiger

im Gedächtnis als die sprachliche. Es gingen nur Meilensteine, bei denen über 80% der Eltern Angaben machen konnten, in die folgende Auswertung ein. Deshalb blieben alle sprachlichen Meilensteine unberücksichtigt, bei den motorischen Meilensteinen fielen "Drehen vom Rücken auf den Bauch" und "Drehen vom Bauch auf den Rücken" aus der Wertung.

Eine Überschreitung der 90. Perzentile bei einem oder mehreren Meilensteinen lag bei 19 von 85 Kindern (22,4%) vor. Von den 19 entwicklungsverzögerten Kindern überschritten 7 bei einem Meilenstein die 90. Perzentile (=1 Punkt), 4 Kinder bei 2 Meilensteinen (=2 Punkte), 7 Kinder bei 3 Meilensteinen (=3 Punkte) und 1 Kind bei 5 Meilensteinen (=5 Punkte). Der mittlere Score für eine Entwicklungsverzögerung bei allen 85 Kindern lag damit bei 0,48 Punkten.

4.4 Zehengang in der Familienanamnese

Bei 10 der 95 Kinder (10,5%) kam Zehengang in der Familie vor. Betroffen waren davon je einmal der Großvater, die Großmutter, der Vater, die Schwester und der Cousin, zweimal der Bruder und dreimal die Mutter. Damit waren 5 (50%) der betroffenen Familienmitglieder weiblich und 5 (50%) männlich.

4.5 Benutzung eines "Gehfreis" oder "Babyhoppers"

16 von 93 Kindern (17,2%) wurden im ersten Lebensjahr in ein "Gehfrei" gesetzt. Ein Babyhopper wurde nur bei einem Kind (1%) benutzt. Von 2 Kindern liegen keine Angaben vor.

4.6 Zehengang (ZG)

4.6.1 Zehengang bei der Untersuchung

Von 42 Kindern, die zur U6 kamen, liefen 3 (7%) während der Untersuchung intermittierend, 5 Kinder (12%) ausschließlich auf den Zehen. Bei der U7 zeigten von 53 Kindern 4 (7,5%) intermittierenden Zehengang, ausschließlicher Zehengang kam hier

nicht vor. Insgesamt wurde also bei 12 von 95 Kindern (12,6%) ein Zehengang beobachtet (Tab.3, Abb.4).

Gang	U6	Prozent	U7	Prozent	gesamt	Prozent
läuft noch nicht	5	12,0%	0	0%	5	5,3%
läuft plantigrad	29	69,0%	49	92,5%	78	82,1%
zeigt intermittierend ZG	3	7,0%	4	7,5%	7	7,3%
zeigt ausschließlich ZG	5	12,0%	0	0%	5	5,3%
(SUMME ZG)	(8)	(19,0%)	(4)	(7,5%)	(12)	(12,6%)
SUMME	42	100%	53	100%	95	100%

Tabelle 3: Gangbild bei der Untersuchung

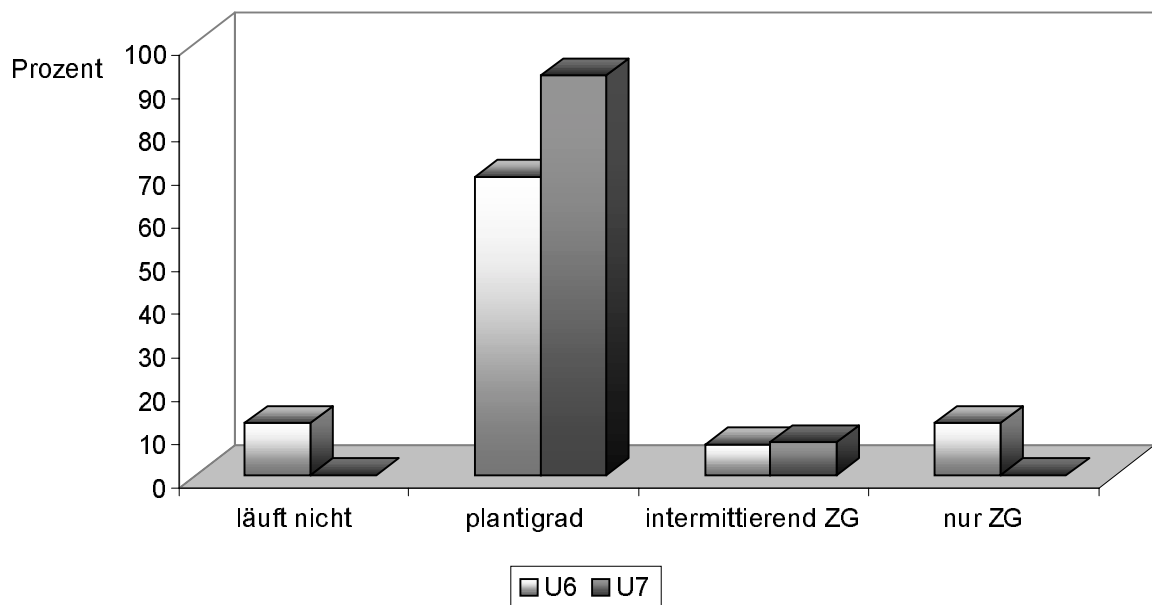


Abbildung 4: Gangbild bei der Untersuchung

4.6.2 Zehengang in der Anamnese

Bei der U6 gaben 6 (14%) Eltern an, dass ihr Kind während seiner Entwicklung eine vorübergehende Phase von Zehengang hatte. 8 (19%) Kinder liefen noch zwischendurch auf den Zehen. 4 Kinder (9,5%) zeigten ausschließlich dieses Gangbild. Bei der U7 lag der Anteil vorübergehender Zehengänger mit 15 Kindern bei 28%. 9 (17%) Kinder liefen auch in diesem Alter noch zwischendurch auf den Zehen, kein Kind

zeigte ausschließlich Zehengang. Insgesamt lag bei 42 Kindern (44,2%) Zehengang in der Anamnese vor (Tab.4, Abb.5).

Gang	U6	Prozent	U7	Prozent	gesamt	Prozent
läuft noch nicht	5	11,9%	0	0%	5	5,3%
läuft plantigrad	19	45,3%	29	54,7%	48	50,5%
zeigte vorüberg. ZG	6	14,3%	15	28,3%	21	22,1%
zeigt intermittierend ZG	8	19,0%	9	17,0%	17	17,9%
zeigt ausschließlich ZG	4	9,5%	0	0%	4	4,2%
(SUMME ZG)	(18)	(43,0%)	(24)	(45,3%)	(42)	(44,2%)
SUMME	42	100%	53	100	95	100%

Tabelle 4: Gangbild in der Anamnese

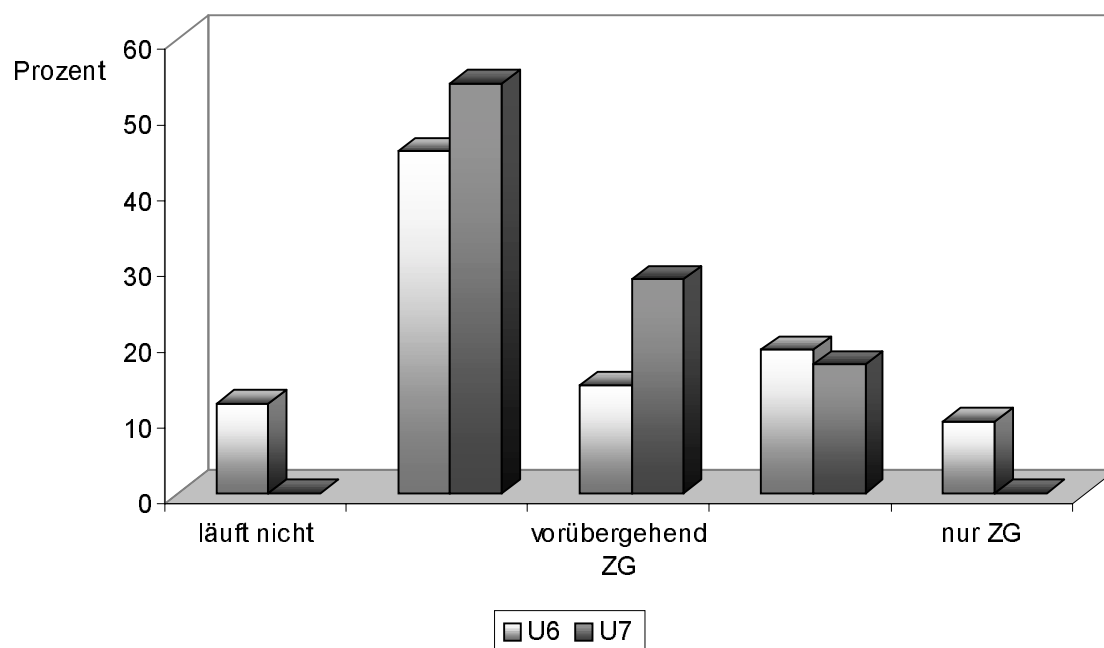


Abbildung 5: Gangbild in der Anamnese

4.7 Korrelationen

4.7.1 Zehengang und Geschlecht

Während der Untersuchung liefen 4 (8,9%) Jungen und 3 (6%) Mädchen zwi-
schendurch, 1 (2,2%) Junge und 4 (8%) Mädchen ausschließlich auf den Zehen. Ins-
gesamt waren von den 12 Zehengängern 5 männlich und 7 weiblich. Damit ergab sich
kein signifikanter Unterschied in der Häufigkeit (Chi-Quadrat-Test: $p=0,3221$).

Tab.5 und Abb.6 zeigt die absoluten und prozentualen Häufigkeiten für beide Ge-
schlechter.

Gang	männl	Prozent	weibl	Prozent	gesamt	Prozent
läuft noch nicht	1	2,2%	4	8%	5	5,3%
läuft plantigrad	39	86,7%	39	78%	78	82,1%
zeigt intermittierend ZG	4	8,9%	3	6%	7	7,3%
zeigt ausschließlich ZG	1	2,2%	4	8%	5	5,3%
(SUMME ZG)	(5)	(11%)	(7)	(14%)	(12)	(12,6%)
SUMME	45	100%	50	100%	95	100%

Tabelle 5: Gangbild bei der Untersuchung und Geschlecht

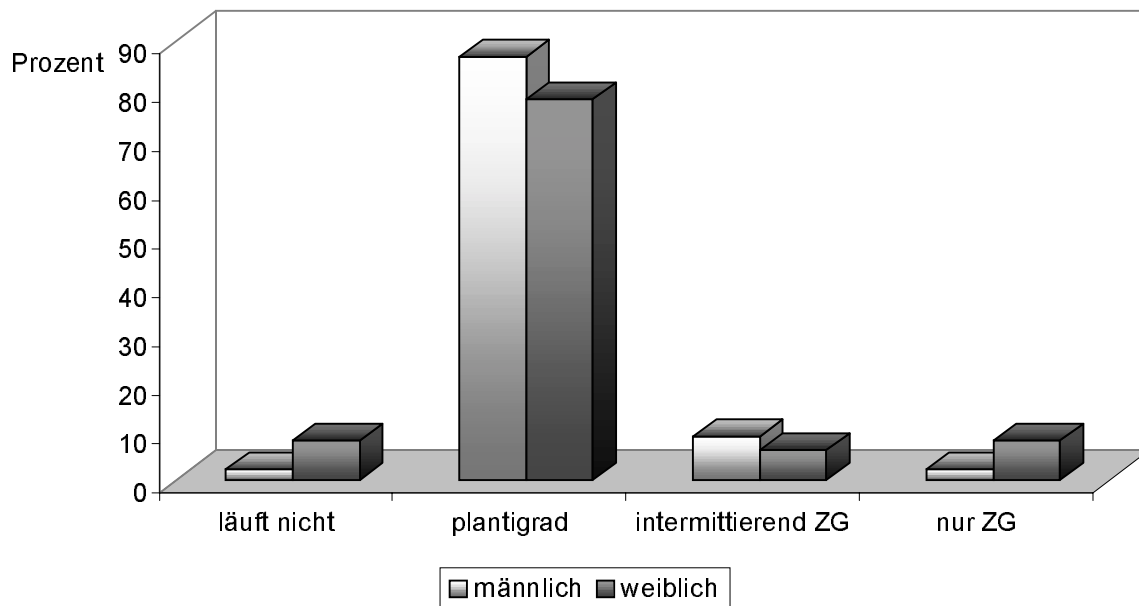


Abbildung 6: Gangbild bei der Untersuchung und Geschlecht

Auch beim Zehengang in der Anamnese ergaben sich für Jungen und Mädchen keine signifikanten Unterschiede (Chi-Quadrat-Test: $p=0,1136$): 9 (20%) Jungen und 12 (24%) Mädchen liefen vorübergehend auf den Zehen, 11 (24,4%) Jungen und 6 (12%) Mädchen noch intermittierend. 4 (8%) Mädchen und kein Junge liefen immer auf den Zehen. Von den 42 Zehengängern waren 20 männlich und 22 weiblich. Insgesamt trat bei beiden Geschlechtern Zehengang mit einer Häufigkeit von 44% in der Anamnese auf. Tab.6 und Abb.7 zeigt die Häufigkeiten im Überblick.

Gang	männl	Prozent	weibl	Prozent	gesamt	Prozent
läuft noch nicht	1	2,2%	4	8,0%	5	5,3%
läuft plantigrad	24	53,3%	24	48,0%	48	50,5%
zeigte vorüberg. ZG	9	20%	12	24,0%	21	22,1%
zeigt intermittierend ZG	11	24,5%	6	12,0%	17	17,9%
zeigt ausschließlich ZG	0	0%	4	8,0%	4	4,2%
(SUMME ZG)	(20)	44%	(22)	44,0%	(42)	(44,2%)
SUMME	45	100%	50	100%	95	100%

Tabelle 6: Gangbild in der Anamnese und Geschlecht

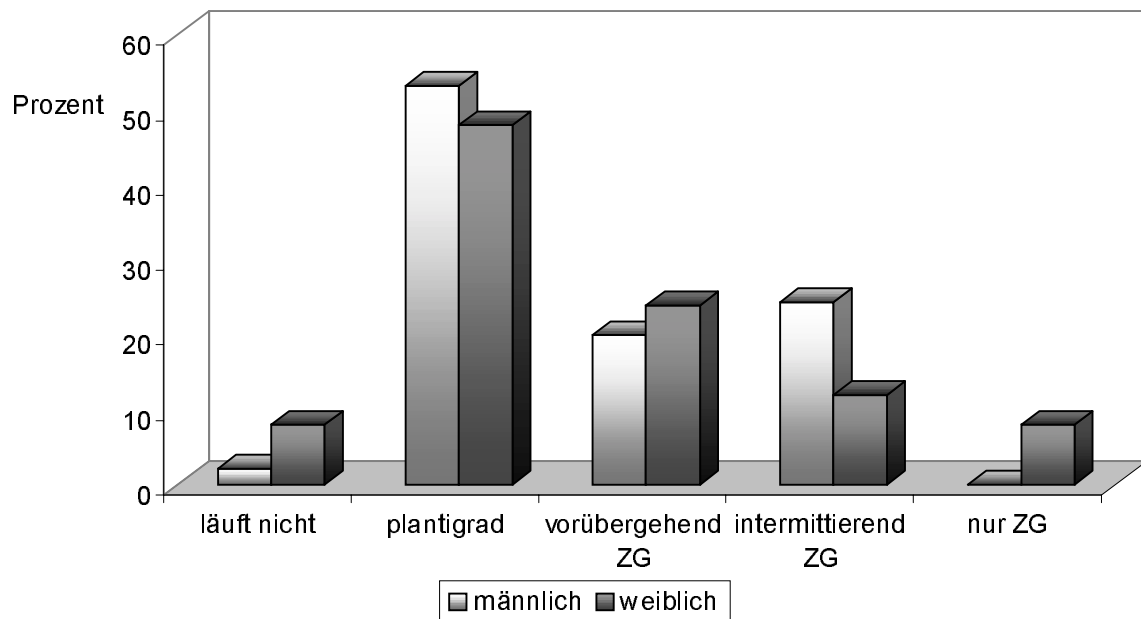


Abbildung 7: Gangbild in der Anamnese und Geschlecht

4.7.2 Zehengang und Geburtsscore

Der mittlere Geburtsscore für Kinder, die bei der Untersuchung noch nicht laufen konnten, betrug 35,6. Für Kinder mit plantigradem Auftreten sowie für Kinder, die zwischendurch auf den Zehen liefen, lag er bei 36,0. Kinder mit ständigem Zehengang hatten einen mittleren Geburtsscore von 33,2; die Standardabweichung betrug allerdings $\pm 5,9$. Dies ist auf ein Frühgeborenes mit einem Score von 23 zurückzuführen, die übrigen 4 hatten einen mittleren Score von 36,0. Damit ergibt sich kein signifikanter Zusammenhang (ANOVA-Test: $p=0,256$) zwischen Zehengang und Geburtsscore (Tab.7).

Gang	Anzahl (n)	mittl. Score	SD	Prozent Optimalität
läuft noch nicht	5	35,6	$\pm 3,2$	89%
läuft plantigrad	78	36,0	$\pm 2,8$	90%
zeigt intermittierend ZG	7	36,0	$\pm 1,9$	90%
zeigt ausschließlich ZG	5	33,2	$\pm 5,9$	83%
(SUMME ZG)	(12)	(34,8)		88%
GESAMT	95	35,8	$\pm 3,0$	89%

Tabelle 7: Gangbild bei der Untersuchung und Geburtsscore

Zwischen mittlerem Geburtsscore und dem Gangbild in der Anamnese ergab sich ebenfalls kein signifikanter Zusammenhang (ANOVA-Test: $p=0,2211$). Kinder mit plantigradem Gang hatten einen mittleren Score von 36,2, Kinder mit vorübergehendem Zehengang 35,6, Kinder mit intermittierendem Zehengang 35,9 (Tab.8). Der nach unten abweichende Score bei ausschließlichen Zehengängern (32,5) ist wieder auf die Patientin mit einem Score von 23 zurückzuführen.

Gang	Anzahl (n)	mittl. Score	SD	Prozent Optimalität
läuft noch nicht	5	35,6	$\pm 3,2$	89%
läuft plantigrad	48	36,2	$\pm 2,6$	91%
zeigte vorüberg. ZG	21	35,6	$\pm 3,4$	89%
zeigt intermittierend ZG	17	35,9	$\pm 2,4$	90%
zeigt ausschließlich ZG	4	32,5	$\pm 6,6$	83%
(SUMME ZG)	(42)	(35,6)		(89%)
GESAMT	95	35,8	$\pm 3,0$	89%

Tabelle 8: Gangbild in der Anamnese und Geburtsscore

4.7.3 Zehengang und motorische Entwicklungsverzögerung

Von 19 Kindern mit einer Überschreitung der 90. Perzentile bei den motorischen Meilensteinen liefen während der Untersuchung 3 noch nicht, 14 auf ganzem Fuß und jeweils einer intermittierend und ausschließlich auf den Zehen (Tab.9). Im Vergleich des mittleren Scores von Entwicklungsverzögerungen bei den einzelnen Gangbildern ergab sich kein signifikanter Zusammenhang (ANOVA-Test: $p=0,684$).

Gang	Anzahl (n)	Anzahl EV	Summe Score EV	mittl. Score
läuft noch nicht	5	3	5	1,0
läuft plantigrad	68	14	32	0,47
zeigt intermittierend ZG	7	1	2	0,29
zeigt ausschließlich ZG	5	1	2	0,40
(SUMME ZG)	(12)	(2)	(4)	(0,30)
GESAMT	85	19	41	0,48

Tabelle 9: Gangbild bei der Untersuchung und Entwicklungsverzögerung

Bezüglich des anamnestisch erhobenen Gangbildes verteilten sich die 19 Kinder mit Entwicklungsverzögerung folgendermaßen: 3 liefen noch nicht, 11 auf ganzem Fuß, jeweils 2 vorübergehend und intermittierend, eines ausschließlich auf den Zehen (Tab.10). Im Vergleich des mittleren Scores von Entwicklungsverzögerungen bei den einzelnen Gangbildern ergab sich auch hier kein signifikanter Zusammenhang (ANOVA-Test: $p=0,479$).

Gang	Anzahl (n)	Anzahl EV	Summe Score EV	mittl. Score
läuft noch nicht	5	3	5	1,0
läuft plantigrad	41	11	25	0,60
zeigte vorüberg. ZG	19	2	4	0,21
zeigt intermittierend ZG	16	2	5	0,31
zeigt ausschließlich ZG	4	1	2	0,50
(SUMME ZG)	(38)	(5)	(11)	(0,29)
GESAMT	85	19	41	0,48

Tabelle 10: Gangbild in der Anamnese und Entwicklungsverzögerung

4.7.4 Zehengang und Zeitpunkt des freien Laufens

Die Berechnung des mittleren Alters, in dem die Kinder frei gehen konnten, für die verschiedenen Gangbilder ergab folgendes (Tab.11): Kinder, die bei der Untersuchung noch nicht liefen, hatten nach späterer telefonischer Auskunft ein durchschnittliches Laufalter von 13,6 Monaten. Kinder, die plantigrad liefen, waren 13,0 Monate, intermittierende Zehengänger 12,5 Monate und ausschließliche Zehengänger 13,0 Monate alt. Es ergab sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Alter des freien Laufens und Zehengang (ANOVA-Test: $p=0,755$).

Gang	Anzahl (n)	mittleres Laufalter
läuft noch nicht	5	13,6
läuft plantigrad	77	13,0
zeigt intermittierend ZG	7	12,5
zeigt ausschließlich ZG	5	13,0
(SUMME ZG)	(12)	12,7
GESAMT	94	13,0

Tabelle 11: Gangbild bei der Untersuchung und Zeitpunkt des freien Laufens

Kinder, die auch anamnestisch stets plantigrad liefen, hatten ein mittleres Laufalter von 13,2 Monaten. Diejenigen, die vorübergehend Zehengang zeigten, waren im Mittel 12,5 Monate alt. Intermittierende Zehengänger waren 12,9 Monate, ausschließliche Zehengänger 13,1 Monate alt (Tab.12). Der Zusammenhang zwischen Zehengang in der Anamnese und dem Alter des freien Laufens ist damit nicht signifikant (ANOVA-Test: 0,577).

Gang	Anzahl (n)	mittleres Laufalter
läuft noch nicht	5	13,6
läuft plantigrad	48	13,2
zeigte vorüberg. ZG	20	12,5
zeigt intermittierend ZG	17	12,9
zeigt ausschließlich ZG	4	13,1
(SUMME ZG)	(41)	(12,8)
GESAMT	95	13,0

Tabelle 12: Gangbild in der Anamnese und Zeitpunkt des freien Laufens

4.7.5 Zehengang und sonstige Gangauffälligkeiten

Bei 9 Kindern waren anamnestisch Gangauffälligkeiten zu verzeichnen. Davon liefen 6 Kinder plantigrad, 2 vorübergehend und eines ausschließlich auf den Zehen. Mit $p=0,64$ ergab sich damit kein Zusammenhang zwischen Zehengang und weiteren Gangauffälligkeiten (Tab.13).

Gang	Anzahl (n)	Gangauffälligkeiten	Prozent
läuft noch nicht	5	0	0%
läuft plantigrad	48	6	12,5%
zeigte vorüberg. ZG	21	2	9,5%
zeigt intermittierend ZG	17	0	0%
zeigt ausschließlich ZG	4	1	25%
(SUMME ZG)	(42)	(3)	(7%)
GESAMT	95	9	17%

Tabelle 13: Gangbild in der Anamnese und weitere Gangauffälligkeiten

4.7.6 Zehengang und freies bzw. unterstütztes Laufen

Zehengang wurde zum Zeitpunkt des unterstützten Laufens (an der Hand oder an Möbeln entlang) bei 28,6% der Kinder beobachtet, bei frei laufenden Kindern in 6,5%. Damit ($p=0,0018$) trat Zehengang signifikant häufiger vor Beginn der unabhängigen Fortbewegung auf (Tab.14).

Gang	unterstützt	Prozent	frei	Prozent	gesamt	Prozent
läuft plantigrad	20	71,4%	58	93,5%	78	86,7%
zeigt intermittierend ZG	3	10,7%	4	6,5%	7	7,8%
zeigt ausschließlich ZG	5	17,9%	0	0%	5	5,5%
Zehengang gesamt	(8)	(28,6%)	(4)	(6,5%)	(12)	(13,3%)
SUMME	28	100%	62	100%	90	100%

Tabelle 14: Zehengang bei freiem und unterstütztem Laufen bei der Untersuchung

4.7.7 Zehengang und Familienanamnese

Kinder, die plantigrad liefen, hatten in 8% Zehengang in der Familie. Kinder, die intermittierenden Zehengang zeigten, in 29% und Kinder, die ausschließlich auf den Zehen gingen, in 20% (Tab.15, Abb.8). Auch wenn 25% der Zehengänger damit eine positive Familienanamnese hatten, ließ sich der Unterschied statistisch nicht sichern (Chi-Quadrat-Test: $p=0,257$).

Gang	Anzahl (n)	ZG in der Familie	Prozent
läuft noch nicht	5	1	20%
läuft plantigrad	78	6	8%
zeigt intermittierend ZG	7	2	29%
zeigt ausschließlich ZG	5	1	20%
(SUMME ZG)	(12)	(3)	25%
GESAMT	95	10	11%

Tabelle 15: Gangbild bei der Untersuchung und Zehengang in der Familie

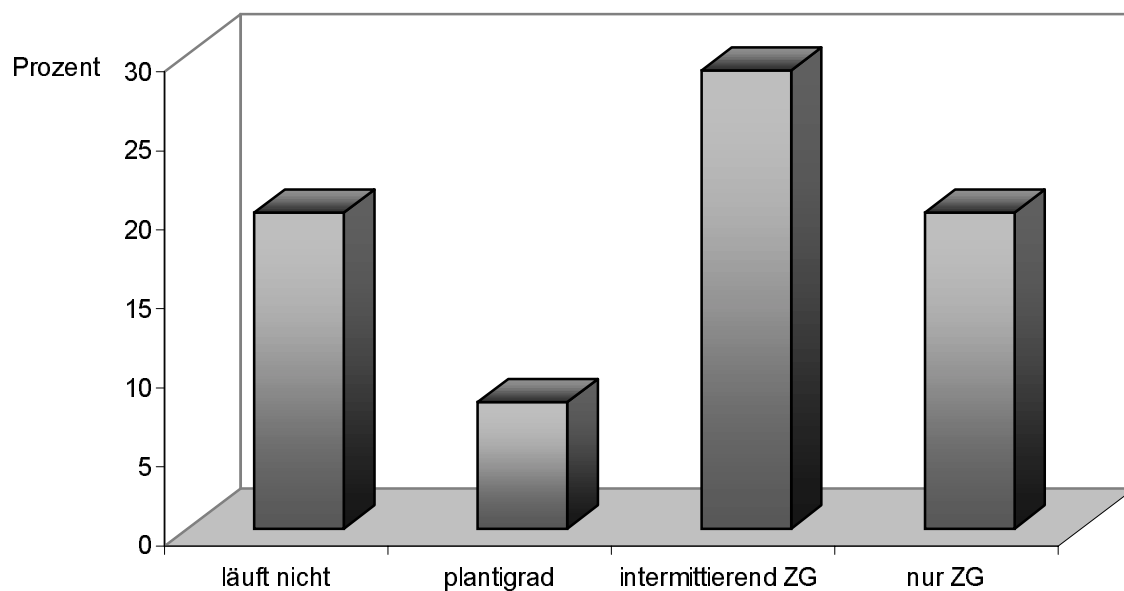


Abbildung 8: Gangbild bei der Untersuchung und Zehengang in der Familie

Bezüglich einer familiären Belastung in der Anamnese ließ sich ebenfalls kein signifikanter Zusammenhang sichern (Chi-Quadrat-Test: $p=0,514$): Kinder mit plantigradem Auftreten hatten in 8% einen weiteren Zehengänger in der Familie, diejenigen, die vorübergehend auf den Zehen liefen, in 5%. Intermittierende Zehengänger hatten in 18%, ständige Zehengänger in 25% eine positive Familienanamnese (Tab.16, Abb.9).

Gang	Anzahl (n)	ZG in der Familie	Prozent
läuft noch nicht	5	1	20%
läuft plantigrad	48	4	8%
zeigte vorüberg. ZG	21	1	5%
zeigt intermittierend ZG	17	3	18%
zeigt ausschließlich ZG	4	1	25%
(SUMME ZG)	(42)	(5)	(12%)
GESAMT	95	10	11%

Tabelle 16: Gangbild in der Anamnese und Zehengang in der Familie

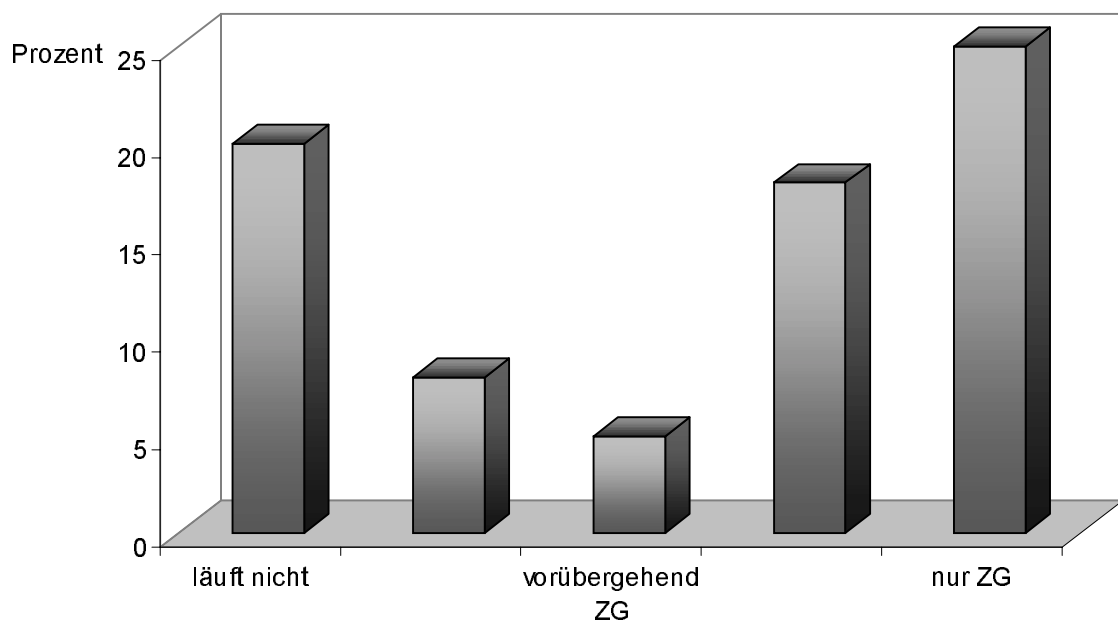


Abbildung 9: Gangbild in der Anamnese und Zehengang in der Familie

4.7.8 Zehengang und "Gehfrei"

Kinder, die während der Untersuchung auf dem ganzem Fuß liefen, hatten zu 12% in einem "Gehfrei" gesessen. Intermittierende Zehengänger hatten zu 57%, ständige Zehengänger zu 60% ein "Gehfrei".

Damit ist der Zusammenhang zwischen der Benutzung eines "Gehfreis" und Zehengang signifikant (Chi-Quadrat-Test: $p=0,0008$) (Tab.17, Abb.10).

Gang	Anzahl (n)	Gehfrei	Prozent
läuft noch nicht	3	0	0%
läuft plantigrad	78	9	12%
zeigt intermittierend ZG	7	4	57%
zeigt ausschließlich ZG	5	3	60%
(SUMME ZG)	(12)	(7)	58%
GESAMT	93	16	17,2%

Tabelle 17: Gangbild bei der Untersuchung und "Gehfrei"

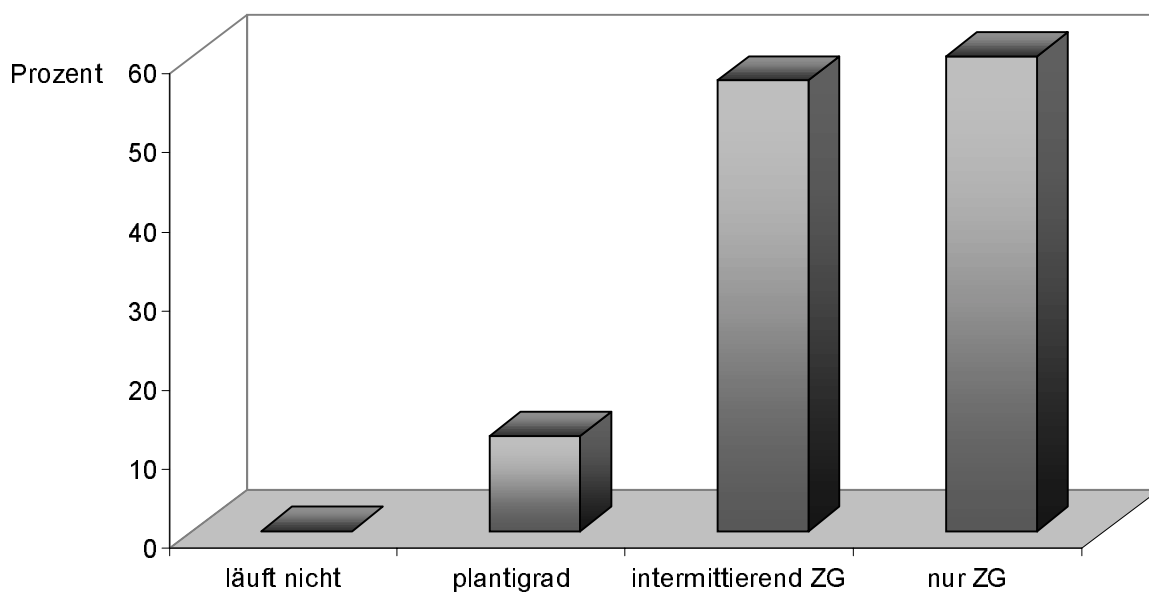


Abbildung 10: Gangbild bei der Untersuchung und "Gehfrei"

Dieser Zusammenhang besteht ebenfalls zwischen Zehengang in der Anamnese und der Benutzung eines "Gehfreis", wenn auch weniger deutlich (Chi-Quadrat-Test: $p=0,0556$): Kinder mit plantigradem Auftreten hatten zu 10% ein "Gehfrei", Kinder mit vorübergehendem Zehengang zu 14%, mit intermittierendem Zehengang zu 35% und mit ausschließlichem Zehengang zu 50% (Tab.18, Abb.11). Insgesamt hatten 26% der Zehengänger ein "Gehfrei".

Gang	Anzahl (n)	Gehfrei	Prozent
läuft noch nicht	3	0	0%
läuft plantigrad	48	5	10%
zeigt vorüberg. ZG	21	3	14%
zeigt intermittierend ZG	17	6	35%
zeigt ausschließlich ZG	4	2	50%
(SUMME ZG)	(42)	(11)	(26%)
SUMME	93	16	17,2%

Tabelle 18: Gangbild in der Anamnese und "Gehfrei"

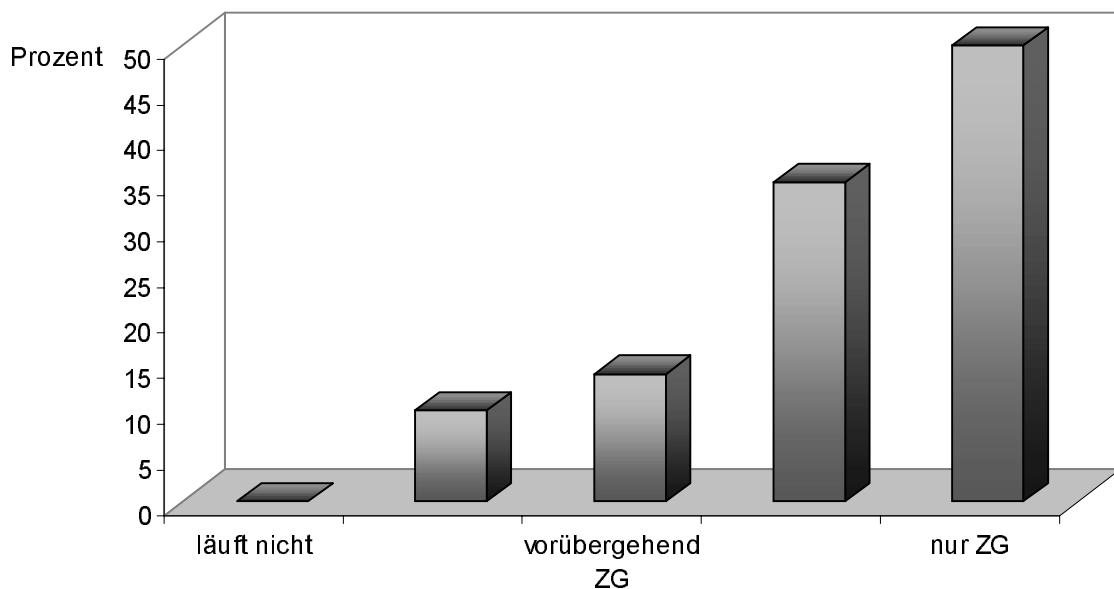


Abbildung 11: Gangbild in der Anamnese und "Gehfrei"

4.8 Ständige und persistierende Zehengänger

Pat. 1, weiblich

Untersuchung und Befragung bei der U6: Das Mädchen wurde in der 27. Woche wegen einer Pseudomonas - Infektion per Sektio geboren. Während der ersten 10 Wochen wurde es wegen eines Atemnotsyndroms und konnataler Pneumonie in der Kinderklinik Gießen behandelt.

Bei der neurologischen Untersuchung (Neuropädiatrie der Universitätsklinik Gießen) im Realalter von 2 Monaten wurden außer einer leichten Asymmetrie keine Auffälligkeiten festgestellt, bei der U4 hatte es eine leichte Hyperexzitabilität mit muskulärem Hypertonus, die ab dem 6. Monat krankengymnastisch behandelt wurde. Die Entwicklung verlief weitgehend unauffällig, dem Gestationsalter entsprechend. Der Geburtsscore lag bei 23 Punkten (12,8 Punkte unter dem Mittelwert), bei zwei Meilensteinen (frei Sitzen und Kriechen/Robben) wurde die 90. Perzentile um wenige Wochen überschritten.

Bei der Untersuchung konnte das Kind an der Hand gehen, lief dabei ausschließlich auf den Zehen, stand aber auf dem ganzen Fuß. Es wurde für etwa 1 Stunde am Tag in ein "Gehfrei" gesetzt. Die weitere Befragung und Untersuchung, einschließlich eines ausführlichen neurologischen Befundes, ergab keine weiteren Auffälligkeiten.

Telefonische Nachfrage: Das Kind konnte mit 14 Monaten frei laufen. Es lief barfuss nur auf den Zehen, mit Schuhen setzte es den ganzen Fuß auf. Seit einem Sommerurlaub im Realalter von 17 Monaten läuft es plantigrad. Die Eltern führten dies darauf zurück, dass das Kind viel barfuss im Sand umherlaufen konnte. Damit zeigte es insgesamt 5 Monate (3 Monate nach Beginn des freien Gehens) Zehengang.

Pat.2, weiblich

Untersuchung und Befragung bei der U6: Die Geburt erfolgte in der 40. Woche, der Geburtsscore betrug 37 Punkte (1,2 Punkte über dem Durchschnitt). Die Entwicklung war unauffällig, alle Meilensteine lagen innerhalb der 90. Perzentile. Das Kind konnte an der Hand laufen und zeigte ausschließlich Zehengang. Seit einem Monat saß es rund eine Stunde täglich im "Gehfrei". Bis auf eine Innenrotation des linken Fußes fiel weder bei der Untersuchung noch anamnestisch etwas Ungewöhnliches am Gang auf. Ein Cousin lief ebenfalls anfänglich für etwa ein halbes Jahr auf den Zehen. Die sonstige Vorsorgeuntersuchung war unauffällig.

Telefonische Nachfrage: Hier war wegen sprachlicher Verständigungsschwierigkeiten (türkische Nationalität) wenig zu erfahren. Nach den Angaben der Mutter läuft das Kind, seit es mit 13 Monaten alleine laufen konnte, "ganz normal". Damit wäre das Kind 2,5 Monate beim Gehen mit Festhalten auf den Zehen gelaufen.

Pat.3, weiblich

Untersuchung und Befragung bei der U6: Das Kind wurde in der 39. Woche geboren, der Geburtsscore lag bei 37 Punkten (1,2 Punkte über dem Durchschnitt). Die Entwicklung war unauffällig, alle Meilensteine lagen innerhalb der 90. Perzentile. Bei der Untersuchung lief das Kind an der Hand auf den Zehen, stand aber auf dem ganzen Fuß. Ein "Gehfrei" wurde nicht benutzt. Die Familienanamnese ergab keine Besonderheiten. Die sonstige Vorsorgeuntersuchung war unauffällig.

Telefonische Nachfrage: Über die weitere Entwicklung konnte nichts erfahren werden: die Familie war weder telefonisch noch schriftlich zu erreichen.

Pat.4, weiblich

Untersuchung und Befragung bei der U6: Die Geburt erfolgte in der 36. Woche aufgrund vorzeitiger Wehen und vorzeitigen Blasensprungs. Die Neugeborenenzeit war bis auf eine phototherapiepflichtige Hyperbilirubinämie unauffällig. Der Geburtsscore lag bei 33 Punkten (2,8 Punkte unter dem Durchschnitt).

Die Meilensteine "Drehen vom Rücken auf den Bauch" und "Drehen vom Bauch auf den Rücken" lagen leicht oberhalb der 90. Perzentile; alle anderen Meilensteine lagen innerhalb der 90. Perzentile. Bei der Untersuchung lief das Kind an der Hand auf den Zehen, nach Angaben der Eltern in Schuhen auch auf dem ganzen Fuß. Ein "Gehfrei" wurde nicht benutzt. Die Familienanamnese war unauffällig. Die sonstige Vorsorgeuntersuchung war ohne Besonderheit.

Telefonische Nachfrage: Das Kind konnte mit 14 Monaten alleine laufen. Anschließend lief es noch 3 Monate nur auf den Zehen und erreichte dann ein plantigrades Gangbild. Insgesamt lief das Mädchen 7 Monate auf den Zehen, davon 3 Monate nach Beginn des freien Laufens.

Pat.5, männlich

Untersuchung und Befragung bei der U6: Die Geburt erfolgte in der 38. Woche, der Geburtsscore lag bei 38 (2,2 Punkte über dem Durchschnitt). Die Meilensteine lagen alle innerhalb der 90. Perzentile. Bei der Untersuchung lief das Kind an der Hand auf den Zehen, stand aber auf dem ganzen Fuß. In Schuhen lief es plantigrad, nach den Angaben der Eltern auch beim Barfußlaufen zwischendurch zuhause. In den vorange-

gangenen 5 Monaten saß das Kind täglich rund eine halbe Stunde im "Gehfrei". In der Familie gab es keine sonstigen Zehengänger.

Die weitere Untersuchung einschließlich des neurologischen Befundes war unauffällig.

Telefonische Nachfrage: Die wiederholte telefonische und schriftliche Kontaktaufnahme blieb erfolglos.

4.9 Zehengänger außerhalb der U6 und U7

Pat.6, männlich

Untersuchung und Befragung: Zum Zeitpunkt der Befragung war das Kind 3 Jahre alt. Die Geburt erfolgte in der 36. Woche, der Geburtsscore lag bei 30 (5,8 Punkte unter dem Durchschnitt). Die meisten Meilensteine waren unbekannt. Frei Sitzen konnte das Kind mit 10 Monaten (knapp über der 90. Perzentile), frei Gehen mit 14 Monaten (unterhalb der 90. Perzentile). Bei der Untersuchung lief es ausschließlich auf den Zehen. Den Eltern fiel auf, dass der Junge beim Laufen schnell ermüdete. Ein "Gehfrei" wurde nicht benutzt. In der Familie gab es keine sonstigen Zehengänger. Die weitere Untersuchung, einschließlich des neurologischen Befundes, war unauffällig.

Telefonische Nachfrage: Ein halbes Jahr später, mit 3,5 Jahren, lief das Kind nur noch zwischenzeitlich auf Zehen. Insgesamt war der Junge 26 Monate ausschließlich auf den Zehen gelaufen.

Pat.7, weiblich

Untersuchung und Befragung: Zum Zeitpunkt der Befragung war das Kind 14 Monate alt. Die Geburt erfolgte in der 37. Woche, der Geburtsscore lag bei 34 (1,8 Punkte unter dem Durchschnitt). Die 90. Perzentile wurde bei einem Meilenstein überschritten, frei Gehen konnte das Mädchen mit 14 Monaten. Bei der Untersuchung lief das Kind ausschließlich auf den Zehen. Sonst fiel den Eltern nichts Besonderes am Gang ihres Kindes auf. Ein "Gehfrei" wurde nicht benutzt, ein "Babyhopser" nur kurz (viermal) eingesetzt. In der Familie gab es keine sonstigen Zehengänger, der Bruder der Patientin hatte Epilepsie, die Schwester eine okzipitale Dermoidzyste.

Die weitere Untersuchung einschließlich des neurologischen Befundes war unauffällig.

Telefonische Nachfrage: Das Mädchen lief nur in den ersten 2 Monaten nach Beginn des freien Laufens auf den Zehen; seit sie Schuhe hatte, lief sie plantigrad. Insgesamt

zeigte sie 4 Monate Zehengang. Mit 16 Monaten brach sie sich bei einem Sturz das rechte Bein, seitdem lief sie barfuss wieder intermittierend auf den Zehen, in Schuhen aber plantigrad.

Pat.8 , männlich

Untersuchung und Befragung: Zum Zeitpunkt der Befragung war das Kind 15 Monate alt. Die Geburt erfolgte in der 38. Woche, der Geburtsscore lag bei 37 (1,2 Punkte über dem Durchschnitt). Die 90. Perzentile wurde bei 7 Meilensteinen überschritten, frei Gehen konnte der Junge mit 16 Monaten. Aufgrund der motorischen Retardierung erfolgte eine krankengymnastische Behandlung. Bei der Untersuchung lief das Kind ausschließlich auf den Zehen, stand aber auf dem ganzen Fuß. Den Eltern fiel auf, dass ihr Kind sehr unsicher lief und sich dabei "mit dem Oberkörper nach vorne schob". Ein "Gehfrei" oder "Babyhopser" wurde nicht benutzt. In der Familie gab es keine sonstigen Zehengänger. Bei der neurologischen Untersuchung ergab sich ein geringgradig erhöhter Muskeltonus mit sehr lebhaften Muskeleigenreflexen. Beim Festhalten unter den Armen wurden die unteren Extremitäten gestreckt, beim Festhalten an der Hüfte weniger stark. Sonst ergab sich kein auffallender Befund. Die weitere Untersuchung war unauffällig.

Telefonische Nachfrage: Ab einem Alter von 21,5 Monaten lief es nicht mehr auf den Zehen. Damit zeigte es 7,5 Monate und 5,5 Monate nach Beginn des freien Gehens ausschließlichen Zehengang.

Pat.9 , männlich

Untersuchung und Befragung: Zum Zeitpunkt der Befragung war das Kind 4 Jahre alt. Die Geburt erfolgte in der 42. Woche, der Geburtsscore lag bei 32 (3,8 Punkte unter dem Durchschnitt). Die 90. Perzentile wurde bei keinem Meilenstein überschritten, frei Gehen konnte der Junge mit 13 Monaten. Er lief ausschließlich auf den Zehen, bis er seine ersten Schuhe bekam. Bei der Untersuchung lief das Kind plantigrad. Ein "Gehfrei" oder "Babyhopser" wurde nicht benutzt. In der Familie sind keine weiteren Zehengänger bekannt.

4.10 Nicht in die Auswertung einbezogene Daten

Wie bereits erläutert, wurden Angaben über die sprachlichen Meilensteine und die motorischen Meilensteine "Drehen vom Bauch auf den Rücken" und "Drehen vom Rücken auf den Bauch" nicht ausgewertet, da ihre Anzahl zu gering war.

Bezüglich der "Fragen zur Familie" (Fragen 04/2-5) war zwar die Tendenz zu erkennen, dass bei den Zehengängern aller Formen Auffälligkeiten bzw. Krankheiten der Füße, Muskeln, Nerven und des ZNS etwas häufiger sind (19%) als bei den plantigrad laufenden Kindern (14,6%), die Daten waren aber so heterogen, dass eine weitere Auswertung nicht sinnvoll erschien. Im Einzelnen kamen folgende Auffälligkeiten vor:

- Möbius-Syndrom der Tante
- Gehirntumor der Mutter
- Hereditäre sensible und motorische Neuropathie der Mutter, außerdem Hohl- und Spreizfüße in der Familie
- Plattfüße in der Familie
- Epilepsie der Mutter
- Rhabdomyosarkom des Patienten bzw. Bruders

Über die Auswirkungen eines "Babyhopsers" war ebenfalls keine Aussage möglich, da er nur bei einem Kind eingesetzt wurde. Dieses konnte zum Untersuchungszeitpunkt noch nicht laufen, stand aber auf den Zehen.

5 Diskussion: Häufigkeit und Ursachen von Zehengang

5.1 Meilensteine der Entwicklung

Die wichtigsten prospektiven Untersuchungen zum Erreichen bestimmter Meilensteine der Entwicklung im deutschsprachigen Raum stammen aus Tübingen und Zürich.

Michaelis et al. [1993] verfolgten in Zusammenarbeit mit einer Kinderarztpraxis in Tübingen die Entwicklung von 100 Kindern. Im Gegensatz zu unserer Studie, die alle Kinder ohne Selektion einbezog, berücksichtigten *Michaelis et al.* nur zum Termin geborene Kinder deutscher Eltern mit unauffälliger Gesamtentwicklung.

Auch *Largo et al.* [1985] bezogen in der zweiten Zürcher Longitudinalstudie nur Kinder mit komplikationsloser Schwangerschaft und Geburt ein.

Die Daten dieser beiden prospektiven Studien decken sich dennoch weitgehend mit den von uns retrospektiv ermittelten Ergebnissen. Lediglich bei den Meilensteinen "Hochziehen zum Stehen", "Stehen mit Festhalten" und "Gehen mit Festhalten" liegen unsere Perzentilen um 1-1,5 Monate höher. Neben dem begrenzten Erinnerungsvermögen der Eltern und der retrospektiv angelegten Untersuchung ist dies möglicherweise auch durch unterschiedliche Begriffsdefinitionen bedingt: Im Gegensatz zu *Michaelis et al.* und uns unterscheiden *Largo et al.* beispielsweise zwischen "Laufen mit Festhalten an stabilen Gegenständen" (50.P: 9,5 Monate, 90. P: 11,7 Monate) und "Laufen an der Hand" (50.P: 11,5 Monate, 90. P: 13 Monate). Möglich sind auch regional bedingte Unterschiede: *Michaelis et al.* [1996] weisen darauf hin, dass holländische Kinder mehr als 2 Monate später frei sitzen und laufen konnten als englische. Ähnliches gilt für die Meilensteine der sprachlichen Entwicklung, die ebenfalls von *Largo et al.* [1986] im Rahmen der zweiten Zürcher Longitudinalstudie ermittelt wurden: Auch hier decken sich die Ergebnisse aus Zürich weitgehend mit unseren, die aber wegen der geringen Anzahl der Angaben in ihrer Aussagekraft eingeschränkt sind.

In unserer Befragung hatten die Eltern ein geringeres Erinnerungsvermögen für sprachliche als für motorische Fähigkeiten.

Dies deckt sich mit den Ergebnissen von *Hart et al. [1978]*, wo sich bei zweijährigen Kindern noch 96% der Mütter an den Beginn des freien Laufens erinnern konnten, nur 72% an die erste Benennung von Personen.

5.2 Zehengang

In unserer Studie ließ sich anamnestisch bei insgesamt 44% der Kinder eine Phase des Zehengangs zu Anfang der Laufentwicklung feststellen. Während der U6 gingen 7% intermittierend und 12% ausschließlich auf den Zehen, während der U7 noch 8% intermittierend.

Hauptsächlich zeigten die Kinder im Stadium des unterstützten Gehens Zehengang. Wie bereits erwähnt, sind die verschiedenen Untersuchungen zu diesem Thema nur bedingt vergleichbar, da keine einheitliche Definition des Begriffs "Zehengang" zugrunde liegt. Fast alle Studien beschränken sich auf ältere Kinder, die länger als 3 Monate auf den Zehen gingen. In allen Untersuchungen war der Prozentsatz an Zehengängern niedriger als bei uns (Tab.19).

Statham & Murray [1971] untersuchten mittels fotografischer Analyse die Gangentwicklung von 7 normalen Kindern. Sie fanden in 3 von 28 Gangzyklen einen initialen Zehenkontakt. Dieser trat nur im Stadium des unterstützten Gehens auf. Insgesamt stellten sie eine große Variationsbreite der frühen Gangmuster fest, vom Auftreten auf der ganzen Sohle bis zur reifen Zehen-Fersen-Sequenz.

Burnett & Johnson [1971] filmten 28 Kinder regelmäßig während der Entwicklung der unabhängigen Fortbewegung. 2 Kinder liefen anfänglich auf den Zehen, entwickelten aber anschließend ein normales Fersen-Zehen-Muster. Alle anderen hatten einen initialen Bodenkontakt mit dem flachen Fuß, später mit der Ferse.

Die meisten Autoren sehen Zehengang aufgrund ihrer Beobachtungen als normales, fakultatives Übergangsstadium an, dessen Inzidenz nicht bekannt ist [*Colbert & Koegler 1958, Hall et al. 1967, Statham & Murray 1971, Tachdijan 1972, Illingworth 1975, Weber et al. 1978, Green 1980, Furrer & Deonna 1982*]. Die oben genannten Daten wurden zum Teil als Bestätigung dieser Annahme angesehen [*Griffin et al. 1977*], zum Teil auch als Gegenargument verwendet, da nur ein geringer Prozentsatz der Kinder dieses Gangmuster zeigte [*Shulman et al. 1997, Sobel et al. 1997*].

Die einzige Studie mit größeren Fallzahlen stammt von *Accardo et al.* [1992]. 163 Kinder zwischen 8 Monaten und 10 Jahren wurden im Rahmen von Routine-Vorsorgeuntersuchungen beobachtet. "Zehengang" war anwesend, wenn er während der Untersuchung auftrat oder anamnestisch länger als einen Monat bestand. Die Häufigkeit von Zehengängern in allen Altersgruppen betrug 24%, in der unserer Untersuchung entsprechenden Altersgruppe von 0-2 Jahren lag sie bei 35%, von 2-6 Jahren bei 19% und von 6-10 Jahren bei 22%.

Die geringere Häufigkeit von Zehengängern bei älteren Kindern deckt sich mit den Beobachtungen von *Statham & Murray* [1971] und *Burnett & Johnson* [1971], dass einige Kinder anfangs, vor allem während des unterstützten Gehens, auf den Zehen laufen, bevor sie ein reifes Fersen-Zehen-Muster entwickeln. *Sobel et al.* [1997] und *Hicks et al.* [1988] stellten ebenfalls fest, dass die Zahl der Zehengänger mit steigendem Alter der Kinder abnimmt. Der von *Accardo et al.* ermittelte Prozentsatz der Zehengänger liegt jedoch höher als in den oben genannten Gangstudien. Dies ist möglicherweise darauf zurückzuführen, dass *Accardo et al.* Zehengang auch anamnestisch ermittelten und sich nicht nur auf einzelne Gangsequenzen bezogen.

Bei uns lag der Prozentsatz an Zehengängern noch 10% höher als bei *Accardo et al.* Dies könnte darin begründet sein, dass wir nicht wie *Accardo et al.* alle neurologisch oder sonstig auffälligen Kinder ausschlossen und kein Zeitlimit für die Dauer des Zehengangs setzten.

Aufgrund elektromyographischer und kinematischer Analysen kamen *Leonard et al.* [1991] zu dem Ergebnis, dass die Gangmuster spastischer Kindern denen normal entwickelter Kinder in der Phase des unterstützten Gehens entsprechen. Das würde im Umkehrschluss bedeuten, dass spastische Gangmuster, wie eine Equinus-Position der Füße, im Stadium des unterstützen Gehens physiologisch sind.

Thelen & Cooke [1987] vermuteten aufgrund ihrer kinematischen und elektromyographischen Daten, dass sich das reife Gangbild aus den primitiven Schreitbewegungen des Neugeborenen entwickelt und zu Beginn des Laufens noch primitive Charakteristika wie eine Hyperextension der Fußgelenke bestehen können. Dass Kinder zu Beginn auf den Zehen gehen, ist für sie aber auch ein Problem des noch fehlenden Gleichgewichts: die Kinder müssen so schnell wie möglich den Fuß wieder auf den Boden bringen, um nicht zu fallen und haben dabei keine Zeit für eine Dorsalflexionsbewegung.

Studie	Anzahl (n)	ZG beobachtet	ZG in Anamnese
Vorliegende Studie	95	13%	44%
<i>Statham & Murray</i>	7	11%	
<i>Burnett & Johnson.</i>	28	7%	
<i>Accardo et al.</i>	163		24%
			35% (0-2Jahre)
			19% (2-6 Jahre)
			22%(6-10 Jahre)

Tabelle 19: Häufigkeit des Zehengangs in verschiedenen Studien

5.3 Korrelationen

5.3.1 Zehengang und Geschlecht

In unserer Studie war Zehengang bei Jungen und Mädchen etwa gleich häufig. Meist findet man in der Literatur ein Überwiegen des männlichen Geschlechts (Tab.20).

Hall et al. [1967] beschrieben 20 Kinder mit persistierendem Zehengang und "Short tendo calcaneus". 75% davon waren männlich.

Levine [1973] fand in der Familie eines achtjährigen Zehengängers 3 weitere männliche und 2 weitere weibliche Zehengänger, wobei die Männer stärker betroffen waren. In einer kinematischen Studie von *Kelly et al.* [1997] wurden 22 idiopathische Zehengänger untersucht, davon waren 72% männlich.

In einer weiteren kinematischen Analyse von 7 idiopathischen Zehengängern befanden sich bei *Hicks et al.* [1988] 71% Jungen.

Furrer & Deonna [1982] beschrieben bei 28 Kinder mit Zehengang (darunter 18 idiopathisch und 10 mit milder Zerebralparese) ebenfalls ein Überwiegen des männlichen Geschlechts mit 71%.

In einer elektromyographischen Untersuchung von *Kalen et al.* [1986] waren von 18 ITW 66% Jungen.

Eastwood et al. [1997] führten Muskelbiopsien bei 25 idiopathischen Zehengängern durch. 61% davon waren männlich.

Bei *Sobel et al.* [1997] befanden sich unter 60 habituellen Zehengängern 55% Jungen. Die Autoren grenzen ITW von den Kindern mit STC ab. Dabei fanden sie einen höheren Anteil von Jungen bei STC (1,5 : 1) als bei ITW, wo ein nahezu ausgeglichenes Geschlechterverhältnis bestand (1,1 : 1). Der Unterschied war jedoch nicht signifikant.

Stricker & Angulo [1998] untersuchten 80 Zehengänger und fanden einen Anteil von 55% männlicher Patienten.

Bei *Shulman et al.* [1997] überwogen die Jungen mit 54%.

Ein ausgeglichenes Geschlechterverhältnis fanden *Katz & Mubarak* [1984] in ihrer Beschreibung von 8 habituellen Zehengängern.

Die einzige Studie, in der sich weibliche Zehengänger in der Überzahl befanden, ist diejenige von *Griffin et al.* [1977]: bei 6 idiopathischen Zehengängern lag der Anteil der Jungen bei 33%.

Alle vorliegenden Studien untersuchten vor allem ältere Kinder mit persistierendem Zehengang. Meist wurde ITW mit STC gleichgesetzt, in wenigen Studien auch getrennt beurteilt. Da nach *Sobel et al.* [1997] nur bei Kindern mit STC der Anteil der Jungen größer ist, könnte dies ein Grund sein, warum sich das Überwiegen des männlichen Geschlechts in unserer Studie nicht wiederfindet.

Studie	Anzahl (n)	männl : weibl	Anteil Jungen
Vorliegende Studie	44	20 : 22	45%
<i>Hall et al.</i>	20	15 : 5	75%
<i>Kelly et al.</i>	22	16 : 8	72%
<i>Hicks et al.</i>	7	5 : 2	71%
<i>Furrer & Deonna</i>	28	20 : 8	71%
<i>Kalen et al.</i>	18	14 : 4	66%
<i>Eastwood et al.</i>	25	15 : 10	61%
<i>Sobel et al.</i>	60	33 : 27	55%
<i>Stricker & Angulo</i>	80	44 : 36	55%
<i>Shulman et al.</i>	13	7 : 6	54%
<i>Katz & Mubarak</i>	8	4 : 4	50%
<i>Griffin et al.</i>	6	2 : 4	33%

Tabelle 20: Geschlechterverhältnis in Studien zum Zehengang

5.3.2 Zehengang und Geburtsscore

Im Vergleich der Geburtsscores von Zehengängern und Kindern mit unauffälliger Gangentwicklung zeigte sich, dass prä-, peri- und postnatale Risikofaktoren bei Zehengängern nicht häufiger waren.

In einigen Studien fanden sich bei Zehengängern perinatale Risikofaktoren (Tab.21 und 22).

Ein Vergleich ist schwer möglich, da die Risikofaktoren meist nur beschreibend aufgelistet und Zehengänger nicht mit normal laufenden Kindern verglichen wurden.

Bei *Stricker & Angulo* [1998] befanden sich unter 80 idiopathischen Zehengängern 28% Frühgeborene, 31% hatten eine Hyperbilirubinämie.

In der elektromyographischen Analyse von *Hicks et al.* [1988] waren von 7 ITW ebenfalls 28% Frühgeborene.

Bei *Furrer & Deonna* [1982] fanden sich bei 18 Kindern mit habituellem Zehengang in 22% eine Frühgeburtlichkeit und bei 22% nicht näher definierte perinatale Komplikationen.

In der Entwicklungsanalyse 13 idiopathischer Zehengänger von *Shulman et al.* [1997] befand sich ein Frühgeborenes (7%), die Mehrzahl hatte eine unauffällige Neonatalperiode, in 31% waren Risikofaktoren wie ein Gestationsdiabetes, Ikterus oder kongenitale Syphilis vorhanden. Auffällig war, dass 62% der Kinder pränatal teratogenen Einflüssen wie Alkohol, Kokain, Crack und Heroin ausgesetzt waren.

Bei *Sobel et al.* [1997] befanden sich unter 60 idiopathischen Zehengängern 5% Frühgeborene. 7% hatten ein zu niedriges Geburtsgewicht, 7% kamen per Sektio zur Welt und 2% waren pränatal teratogenen Einflüssen ausgesetzt.

Accardo et al. [1992] ermittelten unter 39 idiopathischen Zehengängern in 5% eine Frühgeburtlichkeit.

Studie	Anzahl (n)	Frühgeborene	Prozent
<i>Stricker & Angulo</i>	80	21	28%
<i>Hicks et al.</i>	7	2	28%
<i>Furrer & Deonna</i>	18	4	22%
<i>Shulman et al.</i>	13	1	8%
<i>Sobel et al.</i>	60	3	5%
<i>Accardo et al.</i>	39	2	5%

Tabelle 21: Anteil an Frühgeborenen bei ITW

Studie	Anzahl (n)	perinatale Auffälligkeiten	Anzahl (n)	Prozent
<i>Stricker & Angulo</i>	80	Hyperbilirubinämie	25	31%
<i>Sobel et al.</i>	60	Geburtsgewicht unter 5. Perzentile	4	7%
		Sektio	4	7%
		teratogene Einflüsse/Drogen	1	2%
<i>Furrer & Deonna</i>	18	nicht näher definiert:	4	22%
<i>Shulman et al.</i>	13	teratogene Einflüsse/Drogen	8	61%
		Gestationsdiabetes	1	8%
		Ikterus und Tachykardie	1	8%
		kongenitale Syphilis	2	16%

Tabelle 22: perinatale Auffälligkeiten bei ITW

5.3.3 Zehengang und Entwicklungsverzögerung

Wir stellten keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der motorischen und sprachlichen Entwicklung und dem Gangbild fest. Zehengänger waren gegenüber den anderen Kindern nicht entwicklungsverzögert.

Die meisten Autoren gehen davon aus, dass habituelle Zehengänger per definitionem keine Entwicklungsauffälligkeiten zeigen [*Hall et al. 1967, Griffin et al. 1977, Katz & Mubarak 1984, Caselli et al. 1988, Sobel et al. 1997*] (Tab.23).

Bekannt ist, dass Zehengang bei geistig behinderten, psychotischen oder autistischen Kindern gehäuft auftritt [*Colbert & Koegler 1958, Montgomery & Gauger 1978, Weber*

1978]. Manche Autoren fanden auch bei einem Teil der idiopathischen Zehengänger eine geistige oder motorische Retardierung:

Furrer et al. [1982] stellten fest, dass die meisten ITW sehr aktive und entdeckungsfreudige Kinder mit vollkommen normaler Entwicklung waren, bei 17% fanden sie eine motorische Entwicklungsverzögerung.

In ihrer elektromyographischen Gangstudie von 14 ITW fielen *Kalen et al.* [1986] 3 Kinder wegen einer Lernbehinderung auf: eines schrieb rückwärts, eines hatte visuelle Perzeptionsstörungen und eines eine Leseschwäche.

Papariello & Skinner [1985] verglichen 4 Kinder mit STC und zerebralparetische Kinder. Bei einem der beiden Kinder mit STC fanden sich Buchstabenverwechslungen und emotionale Labilität.

Stricker & Angulo [1998] fiel beim Vergleich verschiedener Therapiemethoden von 80 Kindern mit ITW auf, dass bei 16% eine psychomotorische oder sprachliche Entwicklungsverzögerung vorlag.

Accardo et al. gingen deshalb der Frage nach, ob Zehengang allgemein ein "Marker" für Entwicklungsprobleme sein könnte: *Accardo & Whitman* [1989] untersuchten entwicklungsgestörte Kinder und konnten zeigen, dass die Inzidenz des Zehengangs umso höher war, je schwerer die Sprachstörung und je niedriger der IQ-Score war. Autistische Kinder liefen zu 63% auf den Zehen, geistig retardierte zu 40% und Kinder mit Lernschwierigkeiten zu 20%. Anschließend untersuchten *Accardo et al.* [1992], ob auch in einer pädiatrischen Durchschnittsbevölkerung ein Zusammenhang zwischen Zehengang und Sprachentwicklung besteht. Dabei zeigte sich, dass Zehengang mit einem niedrigeren Sprachquotienten korrelierte.

Shulman et al. [1997] bestätigten dieses Ergebnis in einer prospektiven Studie mit 13 ITW, die hinsichtlich ihrer motorischen und sprachlichen Fähigkeiten untersucht wurden: 10 Kinder hatten sprachliche Defizite, jeweils 4 feinmotorische oder visomotorische Probleme und 3 eine grobmotorische Verzögerung.

Diesen Studien zufolge sind motorische und sprachliche Störungen bei ITW häufig diskret und nur mit spezifischen Tests zu erfassen, möglicherweise bilden sie sich erst mit zunehmendem Alter bei sprachlichen und akademischen Anforderungen heraus [*Shulman et al.* 1997].

Studie	Anzahl (n)	Entwicklungsverzögerung	Anzahl (n)	Prozent
<i>Furrer & Deonna</i>	18	verzögerte Meilensteine	3	17%
<i>Kalen et al.</i>	14	lernbehindert	3	21%
<i>Papirello & Skinner</i>	2	Buchstabenverwechslungen, emotional instabil	1	
<i>Stricker & Angulo</i>	80	verzögerte Psychomotorik oder Sprache	13	16%
<i>Accardo et al.</i>	39	niedrigerer Sprachquotient als Vergleichsgruppe	r-	
<i>Shulman et al.</i>	13	Sprachverzögerung	10	75%
		gestörte Feinmotorik	4	33%
		gestörte Visomotorik	4	33%
		gestörte Grobmotorik	3	27%

Tabelle 23: Entwicklungsauffälligkeiten bei ITW

5.3.4 Zehengang und Laufalter

In unserer Untersuchung waren plantigrad auftretende Kinder bei Beginn der unabhängigen Fortbewegung 13,0 Monate alt. Intermittierende Zehengänger liefen mit 12,5 Monaten, ausschließliche Zehengänger mit 13,0 Monaten. Damit ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen.

In keiner anderen Studie wurde das Laufalter von Zehengängern und anderen Kindern verglichen. Alle Untersuchungen fanden bei habituellen Zehengängern ein normales Laufalter zwischen 11,1 und 13,4 Monaten.

14 von *Kalen et al.* [1986] untersuchte Kinder mit STC konnten im Mittel mit 11,7 Monaten frei laufen.

Hicks et al. [1988] hatte in ihrer EMG-Studie 7 Patienten mit STC, die durchschnittlich mit 12,3 Monaten frei liefen.

Das mittlere Alter der unabhängigen Fortbewegung bei den 80 Kindern der Studie von *Stricker & Angulo* [1998] lag bei 13 Monaten.

Furrer & Deonna [1982] ermittelten bei 28 ITW ein durchschnittliches Laufalter von 12,4 Monaten. Die Autoren unterschieden zwischen ITW und STC: bei den idiopathischen Zehengängern fanden sie mit 12,7 Monaten ein deutlich früheres Laufalter als

bei STC mit 13,4 Monaten. Die idiopathischen Zehengänger waren alle frühe Läufer und hatten häufig die Krabbelphase übersprungen.

Dieses Ergebnis konnten *Sobel et al.* [1997] bestätigen: bei den 60 untersuchten Kindern konnten die ITW mit 11,1 Monaten früher laufen als die Kinder mit STC (11,3 Monate).

5.3.5 Zehengang und sonstige Gangauffälligkeiten

Bei Zehengängern waren weitere Gangauffälligkeiten nicht häufiger als bei anderen Kindern. Dies stimmt mit den Ergebnissen der Literatur überein:

Hall et al. [1967] und *Caselli et al.* [1988] zufolge sehen Zehengänger mit STC aus wie normale Kinder, die auf den Zehen laufen.

5.3.6 Zehengang und Familienanamnese

Bei den Zehengängern fanden wir mit 25% häufiger eine positive Familienanamnese als bei den anderen Kindern (8%). Dies ließ sich jedoch statistisch nicht sichern. Auch in anderen Studien fand man eine familiäre Häufung von Zehengang (Tab.24). Bei *Hall et al.* [1967] waren in 2 von 20 Fällen mehr als ein Kind in der Familie betroffen.

Levine [1973] beschrieb eine Familie mit 5 betroffenen Mitgliedern. Er vermutete eine autosomal dominante Vererbung von habituellem Zehengang.

Griffin et al. [1977] fand bei 4 von 6 elektromyographisch untersuchten Kindern weitere Betroffene in der Familie.

Bei *Kalen et al.* [1986] hatten 10 von 14 Zehengängern eine positive Familienanamnese.

Katz & Mubarak [1984] sahen nach ihren Beobachtungen einen autosomal dominanten Erbgang als erwiesen an: bei 7 von 8 Kindern mit STC waren weitere Familienmitglieder betroffen.

Furrer & Deonna [1982] konnten die Hypothese eines dominanten Erbgangs nicht unterstützen: sie beobachteten zwar eine familiäre Häufung von Zehengang, halten es aber nicht für möglich, einen genetischen oder anderen endogenen Einfluss von Umweltfaktoren abzugrenzen.

Auch die beiden neuesten Studien mit größeren Fallzahlen lassen nicht unbedingt auf einen dominanten Erbgang schließen:

Sobel et al. [1997] ermittelten bei 30% der 60 ITW eine positive Familienanamnese.

Stricker & Angulo [1998] fanden bei 32% der 80 ITW weitere Zehengänger in der Familie.

Es ist diesen Ergebnissen zufolge offensichtlich, dass Zehengang familiär gehäuft auftritt, die Gründe dafür sind aber weiterhin unklar.

Studie	Anzahl (n)	positive Familienanamnese	Prozent
<i>Hall et al.</i>	20	2	10%
<i>Griffin et al.</i>	6	4	66%
<i>Kalen et al.</i>	14	10	71%
<i>Katz & Mubarak</i>	8	7	87%
<i>Sobel et al.</i>	60	18	30%
<i>Stricker & Angulo</i>	80	26	32%

Tabelle 24: familiäre Belastung bei ITW

5.3.7 Zehengang und „Gehfrei“

Zehengänger hatten in unserer Untersuchung signifikant häufiger in einem "Gehfrei" gesessen als andere Kinder.

Blockley [1976] beobachtete, dass Kinder, die auf den Zehen gehen, immer öfter zu beobachten sind. Er machte dafür den gegenwärtig häufigeren Gebrauch eines "Gehfreis" (engl. "babywalker" oder "infant walker") verantwortlich.

Furrer & Deonna [1982] konnten diese Annahme nicht bestätigen: Von den 28 untersuchten Kindern hatten nur 7 einen "Babywalker".

Sobel et al. [1997] beobachteten, dass ein Kind erst auf Zehen zu gehen begann, nachdem es in einen "Babywalker" gesetzt worden war.

Gesichert scheint, dass der "Gehfrei" sich negativ auf die physiologische Entwicklung der Motorik auswirkt: In zahlreichen Studien fanden sich bei Kindern, die viel in einem "Babywalker" saßen, Entwicklungsverzögerungen, Veränderungen der Körperhaltung und der Muskelaktivität. [*Simpkiss & Raikes* 1972, *Kauffmann & Ridenour* 1977, *Crouchman* 1986,]. *Holm et al.* [1983] stellte bei exzessiver Benutzung von "Babywal-

kern" ein Persistieren primitiver Reflexe fest, darunter eine positive Stützreaktion mit Extensionsstellung der Knie und Plantarflexion der Sprunggelenke. Insgesamt ähnelte das Gangmuster demjenigen bei Zerebralparese. Dies würde das gehäufte Auftreten von Zehengang bei der Benutzung eines "Gehfreis" erklären.

5.3.8 Ausschließliche und persistierende Zehengänger

Bei persistierendem Zehengang ist die Differentialdiagnose zwischen "minimaler" Zerebralparese und habituellem Zehengang klinisch oft schwierig [Furrer & Deonna 1982, Papariello & Skinner 1985, Kelly et al. 1997, Rose et al. 1999].

Für Furrer & Deonna [1982] sind wichtige Unterscheidungskriterien eine motorische Retardierung und Pyramidenbahnzeichen bei Zerebralparese. Aber auch bei idiopathischen Zehengängern können kleinere motorische Probleme auftreten. In einigen Fällen sind mehrere Faktoren für den Zehengang verantwortlich.

Weiter unterscheiden sich idiopathische Zehengänger dadurch, dass sie nur intermittierend auf den Zehen gehen, auf dem ganzen Fuß stehen und häufig in Schuhen plantigrad laufen [Griffin et al. 1977, Furrer & Deonna 1982, Caselli et al. 1988, Sobel et al. 1997], später entwickeln sie oft spontan einen normalen Fersen-Zehen-Gang [Hicks et al. 1988, Sobel et al. 1997].

Die 5 Kinder unserer Untersuchung, die ausschließlich auf den Zehen gingen, lassen sich aufgrund dieser Kriterien nur schwer einer eindeutigen Diagnose zuordnen.

Pat.1 war ein Frühgeborenes mit erniedrigtem Geburtsscore, leichter Entwicklungsverzögerung und muskulärem Hypertonus. Dies deutet auf eine Zerebralparese als Ursache hin. Untypisch dafür ist aber, dass das Kind auf dem ganzen Fuß stehen und in Schuhen plantigrad laufen konnte. Zudem trat der Zehengang drei Monate nach Beginn des freien Gehens seit einem Strandurlaub nicht mehr auf. Mit der Benutzung eines "Gehfreis" lag ein zusätzlicher Risikofaktor vor.

Pat.2 hatte eine normale Entwicklung, ein "Gehfrei" und eine positive Familienanamnese. Sie lief nur im Stadium des unterstützten Gehens auf den Zehen. Damit kann sie dem normalen Übergangsstadium zugerechnet werden, wobei Risikofaktoren für einen habituellen Zehengang vorlagen.

Pat.3 hatte eine unauffällige Entwicklung, lief an der Hand auf den Zehen und stand auf dem ganzen Fuß. Über die weitere Entwicklung konnte nichts erfahren werden, am ehesten befand sich das Kind in einem normalen Übergangsstadium.

Pat.4 war ein Frühgeborenes mit erniedrigtem Geburtsscore und leichter Entwicklungsverzögerung. Es lief 3 Monate nach Beginn der unabhängigen Fortbewegung auf den Zehen, in Schuhen aber auf dem ganzen Fuß, dann begann es plantigrad zu gehen. Ähnlich wie bei Pat.1 ist hier nicht sicher zwischen Zerebralparese und idiopathischem Zehengang zu differenzieren.

Pat.5 hatte eine normale Entwicklung, lief an der Hand auf den Zehen, stand auf dem ganzen Fuß und ging in Schuhen plantigrad. Es hatte ein "Gehfrei". Die weitere Entwicklung ist unbekannt. Dieses Kind ist am ehesten dem normalen Übergangsstadium mit Risikofaktoren für idiopathischen Zehengang zuzuordnen.

Die folgenden 3 Kinder wurden außerhalb der Untersuchung wegen persistierendem Zehengang gesehen.

Pat.6 war ein Frühgeborenes mit erniedrigtem Geburtsscore. Die Meilensteine waren unbekannt. Das Kind lief 26 Monate ausschließlich auf den Zehen, ermüdete dabei schnell. Es begann dann von selbst, plantigrad zu gehen. Die Entwicklungsverzögerung deutet auf eine Zerebralparese hin, der spontane Übergang zum plantigradem Gang spricht eher für eine benigne Ursache des Zehengangs.

Pat.7 hatte außer einem leicht erniedrigten Geburtsscore und einer geringen Entwicklungsverzögerung keine Auffälligkeiten, kurzzeitig hatte sie einen "Babyhopser". Sie lief 2 Monate nach Beginn der unabhängigen Fortbewegung auf den Zehen, seit sie Schuhe hatte dann plantigrad. Seit einem Beinbruch mit 16 Monaten ging sie wieder intermittierend auf den Zehen. Dieses Kind ist am ehesten den idiopathischen Zehengängern zuzuordnen.

Pat.8 hatte eine unauffällige Neonatalperiode, aber eine ausgeprägte motorische Retardierung und einen leicht erhöhten Muskeltonus. Er lief 5 Monate nach Beginn des freien Gehens ausschließlich auf den Zehen, stand aber auf dem ganzen Fuß. Insgesamt lief er sehr unsicher. Bei diesem Kind ist eine Zerebralparese zu vermuten, obwohl sich später spontan ein normales Gangmuster ausbildete.

Pat.9 hatte einen leicht erniedrigten Geburtsscore, eine unauffällige Neonatalperiode und motorische Entwicklung. Er lief nur ohne Schuhe ausschließlich auf den Zehen, Risikofaktoren für einen habituellen Zehengang lagen nicht vor. Er ist am ehesten einem normalen Übergangsstadium zuzuordnen.

6 Zusammenfassung: Häufigkeit und Ursachen von Zehengang

Der erste Teil der vorliegenden Arbeit befasst sich mit der Inzidenz des Zehengangs zu Beginn der Laufentwicklung in einer pädiatrischen Durchschnittsbevölkerung. Dazu wurde bei 112 Kindern während der Vorsorgeuntersuchungen U6 oder U7 in einer Kinderarztpraxis das Gangbild beobachtet. Anamnestischer Zehengang wurde mittels eines von den Eltern ausgefüllten Fragebogen erfragt, dabei wurden auch Korrelationen mit anderen Auffälligkeiten untersucht.

- Bei der U6 gingen insgesamt 19% der Kinder auf den Zehen. 7% zeigten das Gangbild intermittierend, 12% ausschließlich.
- Bei der U7 gingen 8% der Kinder intermittierend auf den Zehen, kein Kind ausschließlich.
- Insgesamt liefen 82% der Kinder plantigrad, 5% ausschließlich und 7% intermittierend auf den Zehen. Die übrigen Kinder liefen noch nicht.
- Bei 44% der Kinder bestand anamnestisch eine Phase des Zehengangs.
- Zehengang trat signifikant häufiger im Stadium des unterstützten Gehens auf.
- Zehengang war bei Jungen und Mädchen etwa gleich häufig.
- prä-, peri- und postnatale Risikofaktoren waren bei den Zehengängern nicht signifikant häufiger als bei den anderen Kindern.
- Zehengänger waren in ihrer Entwicklung im Vergleich zu anderen Kindern nicht verzögert.
- Zehengang korrelierte nicht mit sonstigen Gangauffälligkeiten und Gangunsicherheiten.
- Zehengang trat familiär gehäuft auf, der Zusammenhang war statistisch jedoch nicht signifikant.
- Zehengang korrelierte positiv mit der Benutzung eines "Gehfreis".

7 Schlussfolgerung: Ursachen intermittierenden und persistierenden Zehengangs

Intermittierender Zehengang ist unseren Ergebnissen zufolge ein normales, fakultatives Durchgangsstadium in der Entwicklung der unabhängigen Fortbewegung. Er tritt vor allem im Stadium des unterstützten Gehens auf und korreliert nicht mit sonstigen Auffälligkeiten. Prädisponierende Faktoren sind eine familiäre Häufung und die Benutzung eines Gehfreis.

Die Ergebnisse der Untersuchung bei Kindern mit ausschließlichem oder persistierendem Zehengang deuten darauf hin, dass prädisponierende Faktoren auch für ein Aufrechterhalten des Gangbildes verantwortlich sein können. Weiterhin fanden sich bei diesen Kindern Auffälligkeiten in der Geburtsanamnese, im Entwicklungsverlauf und bei der neurologischen Untersuchung. Alle Kinder entwickelten später spontan einen normalen Fersen-Zehen-Gang.

Demzufolge ist eine multifaktorielle Verursachung für den persistierenden Zehengang anzunehmen.

Kinder mit ausschließlichem oder persistierendem Zehengang sollten genau auf Entwicklungsauffälligkeiten untersucht werden. Die Benutzung eines Gehfreis ist zu vermeiden.

8 Behandlung des Zehengangs

8.1 Therapiekonzepte bei habituellem Zehengang

Wie oben gezeigt wurde, kommt eine vorübergehende Phase des Zehengangs zu Beginn der Laufentwicklung häufig vor. Wenn dieses Gangbild jedoch persistiert, birgt es langfristig das Risiko von Folgeschäden wie Achillessehnenkontrakturen und von Unfällen, da es ein ineffizientes und instabiles Gangmuster ist [Caselli et al. 1988, Sobel et al. 1997]. Obwohl einige Autoren eine geringere Häufigkeit von habituellem Zehengang bei älteren Kindern beobachteten [Furrer & Deonna 1982, Hicks et al. 1988, Accardo et al. 1992, Sobel et al. 1997, Tidwell 1999], ist anderen Autoren zufolge von einer spontanen Besserung vor allem dann nicht auszugehen, wenn die Kinder einen eingeschränkten Bewegungsumfang im oberen Sprunggelenk haben [Hall et al. 1967, Sobel et al. 1997, Stricker & Angulo 1998]. Tidwell [1999] empfiehlt, eine Therapie zu beginnen, wenn die Kinder nach dem zweiten, spätestens dritten Lebensjahr noch immer auf den Zehen gehen.

Zahlreiche verschiedene Behandlungsmethoden wurden mit unterschiedlichem Erfolg eingesetzt. Welches die optimale Therapie ist, wird kontrovers diskutiert, vergleichende Studien fehlen:

Hall et al. [1967] behandelten alle Kinder operativ mit einer Verlängerung der Achillessehne. Die meisten Autoren sind sich jedoch einig, dass diese Maßnahme nur bei einer ausgeprägten Kontraktur der Wadenmuskulatur [Kalen et al. 1986, Caselli et al. 1988, Stricker & Angulo 1998] oder bei Versagen konservativer Maßnahmen [Tachdjian 1972, Griffin et al. 1977, Tidwell 1999] nötig ist. Eine operative Achillessehnenverlängerung ist mit dem Risiko einer Überkorrektur [Katz & Mubarak 1984, Papariello & Skinner 1985] oder dem Persistieren des Zehengangs verbunden [Hall et al. 1967, Caselli et al. 1988].

Häufig werden Orthesen zur Therapie des Zehengangs eingesetzt, die Variationen sind dabei vielfältig: sie reichen von stufenweise reduzierten Fersenkeilen, die die propriozeptive Wahrnehmung in Bereich des Rückfußes verbessern [Caselli et al. 1988], über rigide Fußplatten, die eine Abduktion des Fußes induzieren und damit die

Ferse auf den Boden bringen sollen [Caselli et al. 1988], bis zu Unterschenkel-Fuß-Schienen, die eine Extension im Sprunggelenk verhindern [Tachdijan 1972, Caselli et al. 1988]. Letztere können sowohl beim Gehen als auch als Nachtschienen eingesetzt werden [Caselli et al. 1988]. Auf dem gleichen Prinzip beruht die wiederholte Behandlung mit Unterschenkel-Gipsschienen [Tachdijan 1972, Griffin et al. 1977, Katz & Mubarak 1984, Papariello & Skinner 1985, Kalen et al. 1986, Selby 1988].

Außerdem wurden spezielle Schuhe beschrieben, die den Fuß in die richtige Position bringen sollen: Caselli et al. [1988] setzten dazu hochgeschlossene Schuhe mit rigider Sohle und einem lateralen Keil ein, eventuell kombiniert mit stufenweise reduzierten Absätzen. Katz & Mubarak [1984] verwendeten Schuhe mit negativen Absätzen. Auch mit wiederholtem akustischen Feedback durch drucksensible Platten im Fersenbereich konnten für Kinder mit dynamischem Pes equinus positive Effekte nachgewiesen werden [Conrad & Bleck 1980].

Teil der Therapie ist meist eine physiotherapeutische Behandlung inklusive Dehnungsübungen [Tachdijan 1972, Griffin et al. 1977, Barrett & Linn 1981, Katz & Mubarak 1984, Papariello & Skinner 1985, Caselli et al. 1988].

8.2 Der Zehengang bei Zerebralparese

Viele Autoren sehen die Ursache des zerebralparetischen Pes equinus in einem Ungleichgewicht zwischen Flexoren und Extensoren des Fußes, wobei die Wadenmuskulatur, insbesondere der M. triceps surae, gegenüber den Flexoren überwiegt [Sharrard & Bernstein 1972, Furrer & Deonna 1982, Caselli et al. 1988]. Tardieu et al. [1989] und Davids et al. [1999] unterschieden zwischen einer Kontraktur und einer Kontraktion des M. triceps surae, bzw. einer Kombination der beiden Faktoren als mögliche Ursache der Spitzfußstellung.

Carmick [1995] stellte dies in einer elektromyographischen Studie hemiparetischer Kinder in Frage: Sie fand im betroffenen Bein einen schwächeren M. triceps surae und einen stärkeren M. tibialis anterior als auf der Gegenseite. Auch Lin & Brown [1992] vermuteten aufgrund ihrer Ergebnisse, dass die Plantarflexoren die eigentlich schwächeren Muskeln sind.

Andere Autoren machten für den Zehengang bei Zerebralparese primär das Persistieren primitiver Reflexe wie der positiven Stützreaktion (bei Streckung des Kniegelenks kommt es zur Kontraktion der Wadenmuskulatur) [Sharrard & Bernstein 1972, Holm et

al. 1983, *Leonard et al.* 1991, *Perry* 1993] und eine unreife Kokontraktion antagonistischer Muskelgruppen durch einen spastisch gesteigerten Dehnungsreflex verantwortlich; sekundär entstehen dann Kontrakturen der Achillessehne - aus der funktionellen wird eine fixierte Equinus-Deformität [*Tachdjian* 1972, *Baumann* 1986, *Myklebust et al.* 1986]

Lin & Brown [1992] vermuten die Ursache der Spitzfußstellung hauptsächlich in zentralen Störungen der Körperhaltung und der motorischen Muster sowie in einem abnormalen phasischen 'Kick' durch Zehenkontakt, der die Equinus-Position während der Standphase aufrechterhält.

Die Ergebnisse einiger kinetischer und elektromyographischer Studien deuten auch darauf hin, dass der spastische Zehengang ein notwendiger Kompensationsmechanismus ist, um eine fixierte Beugung des Kniegelenks und eine Kontraktur der Oberschenkel-Muskulatur auszugleichen [*Hicks et al.* 1988, *Tardieu et al.* 1989, *Kelly et al.* 1997, *Dauids et al.* 1999].

Moderne elektromyographische und kinematische Ganganalysen stellten vor allem die multifaktorielle Verursachung und die Heterogenität spastischen Zehengangs heraus: *Winters et al.* [1987] teilten Kinder mit spastischer Diplegie in vier verschiedene Gruppen: Patienten der Gruppe I hatten einen Fallfuß aufgrund eines zu schwachen M. tibialis anterior ohne Verkürzung der Achillessehne, das Knie war kompensatorisch in Flexionsstellung. Kinder der Gruppe II hatten eine statische oder dynamische Kontraktur der Wadenmuskulatur, das Knie war kompensatorisch in Hyperextension. Gruppe III hatte einen überaktiven Extensorenreflex, Gruppe IV zusätzlich eine fixierte Flexion in Hüfte und Knie.

Zu ähnlichen Ergebnissen kamen *Hullin et al.* [1996]: Gruppe I hatte einen einfachen Fallfuß mit initialem Zehenkontakt bei normaler Dorsiflexion, Gruppe II eine Flexion im Kniegelenk mit eingeschränkter Dorsiflexion des Fußes bei normaler Hüftbewegung, Gruppe III zusätzlich eine fixierte Flexion der Hüfte, Gruppe IV hatte eine Hyperextension des Kniegelenks mit eingeschränkter Dorsiflexion des Fußes, Gruppe V eine Hyperextension des Kniegelenks mit normaler Dorsiflexion des Fußes.

Für *Brown et al.* [1991] können folgende Faktoren zu einer Spitzfußstellung führen: tonische Spastik, Muskelverkürzung ohne Tonuserhöhung, lageabhängige Rigidität und Ausbleiben elektrischer Muskelerregung bei Streckung. Sie konnten keine Assoziation mit einem verminderten Bewegungsumfang im oberen Sprunggelenk, der

Muskeldehnbarkeit, der Muskelkraft der Dorsi- oder Plantarflexoren oder einem Muskelungleichgewicht feststellen.

Grundsätzlich kann ein spastischer Zehengang durch Störungen auf drei verschiedenen Ebenen verursacht werden [Leonard et al. 1991]:

- eine zentrale Fehlsteuerung der Bewegungsmuster und Körperhaltung
- eine fehlerhafte Reifung spinaler Reflexe
- Veränderungen der mechanischen Muskeleigenschaften.

8.3 Therapie des Zehengangs bei Zerebralparese

Aufgrund der unterschiedlichen Ursachen für einen spastischen Spitzfuß sollte vor Therapiebeginn eine präzise Diagnostik erfolgen, um die Behandlung an das spezifische neurologische Defizit anzupassen [Winters et al. 1987, Brown et al. 1991, Dabney et al. 1997].

Grundsätzlich gibt es drei verschiedene Therapiekonzepte:

- Dehnung oder Verlängerung des M. triceps surae
- Verminderung der Spastik und des Muskeltonus
- Stärkung der Muskelaktivität

In der orthopädischen Literatur belegen zahlreiche Studien den Erfolg einer operativen Verlängerung der Achillessehne [Hall et al. 1967, Sharrard & Bernstein 1972, Perry et al. 1974, Lee & Bleck 1980, Banks 1983, Papariello & Skinner 1985, Etnyre et al. 1993]. Viele Autoren warnen allerdings auch vor den Folgeschäden durch Überkorrektur mit verminderter Gangstabilität und verringerter Muskelkraft [Sharrard & Bernstein 1972, Sutherland et al. 1980, Lee & Bleck 1980, Carmick 1995, Baumann 1986, Davids et al. 1999] und vor dem Risiko, dass der Zehengang persistiert oder wieder auftritt [Sharrard & Bernstein 1972, Furrer & Deonna 1982]. Einige Autoren befürworteten eine Operation nur bei starker Kontraktur des M. triceps surae [Lee & Bleck 1980, Baumann 1986, Tardieu et al. 1989, Brown et al. 1991], Tachdjian [1972] nur bei Scheitern der konservativen Behandlung. Ein weiteres Argument gegen eine Operation sind die Ergebnisse von Lin & Brown [1992] und Carmick [1995], nach denen der M. triceps surae bei Zerebralparese eher zu schwach als zu stark sei.

Zu den Standardtherapien des spastischen Spitzfußes gehören Knöchelorthesen und Gipsschienen. Sie sollen eine progressive Dehnung des M. triceps surae bewirken, Kontrakturen der Wadenmuskulatur verhindern und reflektorische Bewegungen sowie

den Muskeltonus reduzieren [Tachdijan 1972, Sussman & Cusick 1979, Rosenthal 1984, Baumann 1986, Tardieu et al. 1989, Brown et al. 1991, Radka et al. 1997, Abel et al. 1998, Corry et al. 1998]. Für Lin & Brown [1992] und Carmick [1995] wirken diese gegensätzlich zur Operation durch eine Stimulation der zu schwachen Wadenmuskulatur mit Korrektur der zentralen Störungen und Neutralisation phasischer Reflexe. Oft wurden sie auch in Kombination und im Anschluss an operative Maßnahmen eingesetzt [Perry et al. 1974, Banks 1983, Etnyre 1993]. Wie beim habituellen Zehengang können Orthesen nachts als Lagerungsschienen, aber auch funktionell beim Gehen angewandt werden [Tachdijan 1972, Baumann 1986].

Um die Spastizität des M. gastrocnemius [Tardieu et al. 1989] oder M. soleus [Doute et al. 1997] zu vermindern, wurde eine partielle Neurektomie vorgenommen; eine ähnliches Ziel hat die lokale Injektion von Botulinumtoxin A. Dabei dauert der Effekt jedoch nur einige Monate an [Dabney et al. 1997, Corry et al. 1998, Sutherland et al. 1999].

Ein weiterer Therapieansatz ist die Stärkung der zu schwachen Wadenmuskulatur durch neuromuskuläre Elektrostimulation [Carmick 1995].

Ergänzend empfahlen Tachdijan [1972] und Baumann [1986] Turn- oder Sportschuhe mit guter Festigkeit im Schaft- und Fersenbereich. Einzelne elastische Stützen verhindern nach Baumann [1986] eine Verformung des Fußes: eine mediale Stütze im Bereich des Sustentaculum tali, eine laterale unter dem Cuboid sowie eine retrokapitale Abstützung im Bereich der Metatarsalia.

Dabei sollte eine langfristige Physiotherapie mit passiven Dehnungsübungen und Gehtraining Teil der Behandlung sein [Tachdijan 1972, Sussman & Cusick 1979, Lee & Bleck 1980, Banks 1983, Baumann 1986, Lin & Brown 1992].

8.4 Konzept der propriozeptiven Einlagen

Die meisten der oben genannten Therapiekonzepte zielen darauf ab, motorische Fehlfunktionen auszugleichen. Mit den propriozeptiven Einlagen wurde eine Behandlungsmethode entwickelt, die neben der Statik und Dynamik die sensomotorische Wahrnehmung des Kindes berücksichtigt, um ein physiologischeres Gangmuster zu erreichen. Die Grundidee der propriozeptiven Orthesen beruht auf dem Konzept von Vojta.

8.4.1 Konzept der zerebralen Bewegungsstörungen nach Vojta

Schon das Neugeborene ist fähig, seine Körperlage aktiv und automatisch zu steuern [Vojta 1981, S.7]: die Hauptrolle spielen propriozeptive Afferenzen, durch die dem ZNS Informationen über die Stellung des Körpers im Raum vermittelt werden. Eine Fülle von Daten wird verarbeitet und ruft aus dem Pool verfügbarer Bewegungsmuster eine stereotype, reflexgesteuerte Lage- oder Fortbewegungsreaktion hervor, z.B. die als 'Moro-Reaktion' bekannte Umklammerungsbewegung der Arme beim Seitwärtskippen des vertikal gehaltenen Kindes [Vojta 1981, S.66]. Reflexbewegungen verändern sich im Lauf der Zeit und haben in jedem Alter "typische" Reaktionen.

Durch anatomische Schäden oder Fehlschaltungen im Gehirn entstehen Störungen: es kommt zu abnormen Antworten, die ebenfalls stereotyp sind und, falls sie unverändert bleiben, zu Symptomen der Zerebralparese führen [Vojta 1981, S.67]. Diese Entwicklung ist z.B. bei der Entstehung des spastischen Spitzfußes zu beobachten: Im ersten Trimenon sieht man nur Steifheit und Spitzfußstellung, wenn das Kind unter den Achseln gehalten wird ('positive supporting reaction') [Vojta 1981, S.18]. Das ZNS kann die propriozeptive Afferenz aufgrund einer zentralen Koordinationsstörung nicht adäquat verarbeiten und reagiert mit dieser stereotypen Antwort [Vojta 1981, S.33]. Das Muster der richtigen Bewegung ist zwar vorhanden, bleibt aber unzugänglich [Vojta 1981, S.69]. Durch den zerebralen Schaden bleibt das Kind auf dem Niveau eines Neugeborenen blockiert, die abnormale Haltung wird fixiert [Vojta 1981, S. 54], wenn das Kind im dritten Trimenon versucht, sich aufzurichten und dazu nur diese primitive Stützreaktion zur Verfügung hat. Der primitive 'Stand' wird zum Stehtraining missbraucht und führt zu pathologischen Veränderungen im Fußgelenk [Vojta 1981, S.102]. Will man in diesen pathologischen Mechanismus eingreifen, muss dem gestörten ZNS ein bahnendes Muster angeboten werden, an dem sich Schaltungen entfalten und verbessern können [Vojta 1981, S.143]. Die propriozeptiven Afferenzen müssen also mit einem vorhandenen, nicht abrufbaren Muster koordiniert werden [Vojta 1981, S.69]. Man greift deshalb auf eine phylogenetisch präformierte Fortbewegung als Grundlage zurück [Vojta 1981, S.93], was die Fehlschaltung abfängt und höhere Motorik anbahnt. Durch Bewegungen gegen Widerstand wird ein Bahnungssystem aktiviert, wobei man bestimmte Punkte propriozeptiv reizt, um immer dieselben breit angelegten Muskelspiele zu aktivieren [Vojta 1981, S.4].

Wirkungen sollen vor allem über die Reizung von Propriozeptoren (am Periost oder durch Muskeldehnung) erzielt werden, weil diese im Gegensatz zu anderen (z.B. Berührungsrezeptoren) kaum einer Adaptation unterliegen [Vojta 1981, S.143]. Idealerweise ruft dies Reaktionen hervor, in denen sich Eigenschaften der Fortbewegung wiederfinden, die dem Zerebralparetiker fehlen [Vojta 1981, S.173]; sie erstrecken sich auf den ganzen Körper und summieren sich räumlich wie zeitlich [Vojta 1981, S.144]. Dehnungszustände der Muskeln aktivieren auch das segmentale spinale Niveau [Vojta 1981, S.122-123].

Entscheidend ist eine Behandlung, bevor sich pathologische Muster fixiert haben: die Plastizität des ZNS ist beim Säugling noch besonders groß [Vojta 1981, S.7], weshalb bis zum dritten Trimenon die Bewegung in normale Bahnen gelenkt werden kann. Später wird das Kind durch jede Stresssituation in den Zustand des Erstarrens zurückgeworfen [Vojta 1981, S.94].

Da die Plastizität des ZNS und die Möglichkeit der Etablierung neuer Koordinationsmuster auf der Basis von Afferenzen bzw. Wahrnehmungen eine wichtige Rolle spielen, haben geistig normal entwickelte Kinder eine günstigere Prognose [Vojta 1981, S.104].

8.4.2 Sensomotorische Einlagen nach Jahrling

Basierend auf diesen Theorien entwickelten der orthopädische Schuhmacher Lothar Jahrling aus Gießen in Zusammenarbeit mit dem Orthopäden Dr. Schick aus Mainz und örtlichen Physiotherapeuten sensomotorisch wirksame Einlagen: durch propriozeptive Stimulation bestimmter Punkte der Fußsohle sollen Patienten mit Gangstörungen und Fußfehlstellungen neue motorische Muster erwerben können. Dabei werden statisch, biodynamisch und propriozeptiv möglichst natürliche Bewegungsabfolgen simuliert. Langfristiges Ziel ist eine Automatisierung der neuen Muster. In der Praxis wird dazu im Anschluss an die Diagnosestellung mit Hilfe einer videogestützten Laufanalyse das genaue Bewegungsmuster ermittelt. Danach simuliert man die Wirkungen der Orthese durch manuellen Druck an der Fußsohle, um die optimale Kombination derjenigen Druckpunkte zu bestimmen, die die fehlenden Informationen für ein physiologischeres Bewegungsmuster liefern.

Die Orthese wird dann computergesteuert aus einer individuellen Kombination folgender vier Druckpunkte gefertigt:

- Der höchste Punkt liegt medial im Bereich des Fußgewölbes und hat in der Auf- richtung des Längsgewölbes auch eine statische Funktion. Biodynamisch werden der mediale Hebelarm verkürzt und die Innenrotation gefördert, propriozeptiv die Sehne des M. tibialis posterior stimuliert.
- Eine laterale Erhebung auf gleicher Höhe wirkt statisch als Gegenlager zur media- len Stütze und aufrichtend auf das laterale Längsgewölbe. Biodynamisch dient sie als Führung und Lenkung in der frühen Standphase, fördert die Außenrotation und bewirkt propriozeptiv eine Stimulation der Mm. peronei longus und brevis.
- Ein dritter Punkt liegt retrokapital im Bereich der Ossa metatarsalia. Dieser wirkt statisch, indem er die Zehengrundgelenke absenkt, biodynamisch verhindert er die Supination des Vorfußes, propriozeptiv bewirkt er durch die Stimulation der kurzen Fußmuskeln eine Dehnung des Quergewölbes.
- Ein Zehensteg kontaktiert die Zehenkuppen. Damit streckt er die Zehen, entspannt die rückwärtige Muskulatur und sorgt für eine bessere Koordination.

Nach dem Anpassen der Orthesen wird regelmäßig die Funktion überprüft, um gege- benenfalls Korrekturen vorzunehmen [Jahrling 1999]. Zu Beginn erfolgte die Indikati- onsstellung der Einlagen vorwiegend nach dem "trial and error" - Prinzip: vor dem An- fertigen der Einlagen kann durch manuelle Kompression der Fußsohle der Effekt der Einlage simuliert und getestet werden, ob eine Wirkung zu erwarten ist.

9 Fragestellung: Evaluation des Therapie -Erfolgs mit propriozeptiven Einlagen

Zu den verschiedenen Therapiemöglichkeiten des Zehengangs existieren zahlreiche Studien (siehe 8.2. und 8.3.). Die Behandlung mit propriozeptiven Einlagen wurde bisher noch nicht untersucht. Die Ergebnisse der vorliegenden Befragung sollen dazu beitragen, Indikation und Therapie mit propriozeptiven Einlagen zu optimieren. Deshalb interessierten folgende Fragestellungen:

- Ist mit den Einlagen eine Verbesserung des Gangbildes und eine Verminderung des Zehengangs zu erzielen?
- Bei welchen Fehlstellungen und Erkrankungen ist ein therapeutischer Erfolg zu erwarten?
- Was beeinflusst den Therapieerfolg (Alter bei Behandlungsbeginn, Behandlungsdauer, zusätzliche Krankengymnastik)?
- Hält der Therapieerfolg an, wenn die Einlagen nicht getragen werden?
- Wann kann es zu einem Behandlungsabbruch kommen?
- Wie werden die Einlagen von Kindern akzeptiert?

10 Material und Methodik zur Therapieevaluation

10.1 Untersuchungsmethode

Zur Evaluation des Therapieerfolgs bei habituellem und spastischem Zehengang wurden zahlreiche verschiedene Methoden eingesetzt: klinische Untersuchung mit Messung des Bewegungsumfangs im Sprunggelenk [Sharrard & Bernstein 1972, Conrad & Bleck 1980, Lee & Bleck 1980, Katz & Mubarak 1984, Caselli et al. 1988, Selby 1988, Lin & Brown 1992, Etnyre 1993, Radka et al. 1997, Sala et al. 1997, Abel et al. 1998, Corry et al. 1998, Stricker & Angulo 1998, Sutherland et al. 1999], elektromyographische Analysen [Perry et al. 1974, Griffin et al. 1977, Papariello & Skinner 1985, Kalen et al. 1986, Etnyre 1993, Corry et al. 1998], Videoaufnahmen [Caselli et al. 1988, Corry et al. 1998], kinematische Analysen [Baumann 1986, Caselli et al. 1988, Hicks et al. 1988, Etnyre 1993, Kelly et al. 1997, Radka et al. 1997, Abel et al. 1998, Corry et al. 1998].

Aufgrund des retrospektiven Charakters unserer Untersuchung sowie aus finanziellen, technischen und organisatorischen Gründen standen uns diese Analyseverfahren nicht zur Verfügung.

Zudem gehen nach Michaelis & Niemann [1997] einzelne messbare funktionelle Effekte nicht unbedingt mit Veränderungen einher, die auch von Eltern und Kindern wahrgenommen werden. Die Evaluation therapeutischer Effekte bei zerebralparetischen Kindern sollte sich aber vor allem als funktionell alltagsrelevant nachweisen lassen. Eine Verbesserung der Funktion bringt dann sekundär eine Verbesserung des Krafteinsatzes und eine Freisetzung konzentrativer Fähigkeiten für andere Entwicklungsziele mit sich. Bisher existieren aber nur ansatzweise Methoden, mit denen diese Therapieeffekte gemessen werden können.

Aus diesen Gründen entschieden wir uns dafür, bei dieser ersten Evaluation der sensomotorischen Einlagen ähnlich wie Stricker & Angulo [1998] diejenigen Verbesserungen zu erfassen und auszuwerten, die von Eltern und Kindern selbst erfahren wurden.

10.2 Untersuchte Kinder

Es wurden alle Kinder zwischen 1 und 14 Jahren erfasst, die 1996 und 1997 in der Orthopädie-Schuhtechnik Jahrling in Gießen mit propriozeptiven Einlagen behandelt wurden.

Den Eltern dieser Kinder wurde ein Fragebogen zugesandt (insgesamt 290 Fragebögen), von 126 erhielten wir Antwort, 114 konnten differenziert ausgewertet werden. 5 Kinder wurden nur in die Gesamtwertung einbezogen, da sie keine Fußfehlstellung, sondern andere neurologische oder orthopädische Probleme hatten, 7 Kinder wurden nicht einbezogen, da sie nicht laufen konnten.

10.3 Fragebogen

Fragebogen Nr. 2 (siehe Anhang) wurde den Eltern zugeschickt, fehlende Daten und Zusatzinformationen telefonisch erfragt.

10.3.1 Fragen zur Gangstörung

Im ersten Teil des Fragebogens (01: Fragen zum Gang Ihres Kindes) wurde die Fußfehlstellung oder Gangstörung registriert, wegen der das Kind behandelt wurde. Wir fragten gezielt nach

- Auftreten von Zehengang
- Zerebralparese
- Art der Fußfehlstellung

Bei Kindern mit Zerebralparese wurde die Spitzfußstellung in vier Schweregrade eingeteilt, orientiert an der von *Niemann* [*Michaelis & Niemann* 1997] entwickelten Skala zur Evaluation therapeutischer Effekte.

Um den Grad der funktionellen Einschränkung zu erfassen, unterschieden wir - ähnlich dem Klassifikationssystem der grobmotorischen Funktion bei Zerebralparese von *Palisando* et al. [1997] - ob das Kind alleine zu laufen vermochte, dabei auf Hilfe angewiesen war oder überhaupt nicht gehen konnte.

Bei allen Fehlstellungen unterschieden wir zwischen ein- und beidseitigem Auftreten der Störung.

Die Gruppe der "Fußfehlstellungen" ohne Spastik oder Zehengang erwies sich als sehr heterogen und umfasste zum Teil nur wenige Kinder; sie wurde deshalb nur in ihrer Gesamtheit bewertet.

10.3.2 Meilensteine

Im zweiten Teil des Fragebogens (02: Fragen zur Entwicklung ihres Kindes) wurde entsprechend dem Fragebogen 1 (siehe 3.3.2.) die motorische und sprachliche Entwicklung der Kinder erfasst. Hier erfragten wir jedoch nur die drei Meilensteine, die den Eltern auch bei älteren Kindern meist noch gut in Erinnerung sind (Sitzen, Krabbeln und Laufen sowie gezielte Verwendung von "Mama/Papa", einem weiteren Wort und Zweiwortsätzen). So war ein Score zwischen 0 (keine Überschreitung der 90. Perzentile) und 9 (keine der Fähigkeiten wird beherrscht) zu ermitteln. Anschließend wurden die Kinder in drei Gruppen unterteilt:

- Gruppe I (Score von 0-3): keine bzw. kaum Entwicklungsverzögerung
- Gruppe II (Score von 4-6): mäßige Entwicklungsverzögerung
- Gruppe III (Score von 6-9): schwere Entwicklungsverzögerung

10.3.3 Fragen zur Behandlung

Im letzten Abschnitt des Fragebogens (03: Fragen zur Behandlung bei Herrn Jahrling) wurde zunächst das Alter bei Therapiebeginn und die Behandlungsdauer erfasst. Außerdem wurde die Anschrift des überweisenden Arztes oder des Krankengymnasten notiert, um Rückfragen zu ermöglichen.

Der Therapieerfolg wurde anhand der Fragen 03 / 04-13 überprüft. Fragen 04-09 und 13 befassten sich mit einzelnen Veränderungen der Laufbewegung. Sie wurden zur Auswertung in einem Score zusammengefasst, nach dem später ein mittlerer Wert für einzelne Subgruppen zu berechnen war. Wenn der Score mindestens 1 betrug, war eine Verbesserung des Gangbildes eingetreten.

Neben dem allgemeinen Gangbild erfassten wir bei Kindern mit Zerebralparese und habituellem Zehengang gesondert eine Verminderung des Zehengangs. Auch zerebralparetische Kinder mit plantigradem Auftreten gingen dabei in die Analyse ein, da es bei ihnen um eine bessere Fersenbelastung und Abrollbewegung ging.

Außerdem fragten wir nach verminderter Pronation bzw. Supination des Fußes. Dies war aufgrund nur sporadischer Angaben nicht auszuwerten.

Weiterhin war zu ermitteln, ob der Therapieerfolg bestehen blieb, wenn die Einlagen nicht getragen wurden, und ob die Wirkung der Einlagen im Lauf der Zeit nachließ.

Zudem interessierte uns die Reaktion des Kindes auf die Einlagen: in vier Abstufungen konnten die Eltern angeben, wie gerne ihr Kind die Einlagen trug.

Schließlich hielten wir fest, ob die Patienten zusätzlich regelmäßig krankengymnastisch behandelt wurden.

10.4 Probleme der Datenerhebung

Aufgrund des retrospektiven Charakters der Untersuchung ist die Genauigkeit der Angaben begrenzt durch das Erinnerungsvermögen der Eltern, die unterschiedliche Kooperationsbereitschaft und die Subjektivität der Beobachtungen. Weiterhin ist anzunehmen, dass im Falle einer hohen Compliance und eines Therapieerfolgs die Rücklaufquote der Fragebögen größer ist.

10.5 Statistische Methoden*

Zur statistischen Auswertung der Daten wurden die Programme Excel und SPSS eingesetzt. Ob Unterschiede in den Häufigkeiten zwischen den Untersuchungsgruppen über den Rahmen einer gleichmäßigen Verteilung hinausgingen, wurde mit dem Chi-Quadrat-Test-Test, bei quantitativen Score-Vergleichen mit dem ANOVA-TEST-Test geprüft.

Ab einem $p\text{-Wert} \leq 0,05$ galten Unterschiede in den Ergebnissen als statistisch signifikant.

* Für Beratung und Hilfe danke ich Herrn Pabst, Institut für Medizinische Informatik der Universität Gießen.

11 Ergebnisse der Therapieevaluation

11.1 Beschreibung der untersuchten Kinder

11.1.1 Alters- und Geschlechtsverteilung

Die Behandlungsergebnisse wurden bei 119 Kindern (68 Jungen und 51 Mädchen) analysiert, diese waren bei Beginn der Behandlung zwischen 1 und 14 Jahren alt. Zur Auswertung wurden sie in drei Altersgruppen eingeteilt:

Gruppe I (1-4 Jahre): 51 Patienten

Gruppe II (5-9 Jahre): 45 Patienten

Gruppe III (10-14 Jahre): 23 Patienten

11.2 Häufigkeit der verschiedenen Fehlstellungen

Die Mehrzahl der Patienten (n=70) wurde aufgrund einer Zerebralparese behandelt. Die genauere Charakterisierung der einzelnen Fehlstellungen ist Tab.25 zu entnehmen, die prozentuale Verteilung Abb.12.

zerebralparetische Fehlstellungen	Anzahl (n)	Prozent
Spitzfuß	42	60%
- mit Plattfuß	10	14,2%
- mit Klumpfuß	2	2,9%
- mit Hohlfuß	1	1,4%
- mit Hohl- und Knicksenkfuß	1	1,4%
- mit Platt- und Knicksenkfuß	2	2,9%
- mit Knicksenkfuß	2	2,9%
plantigrad	2	2,9%
- mit Plattfuß	3	4,2%
- mit Platt- und Sichelfuß	2	2,9%
- mit Hohl- und Klumpfuß	1	1,4%
- mit Platt- und Knicksenkfuß	2	2,9%
SUMME	70	100%

Tabelle 25: zerebralparetische Fußfehlstellungen

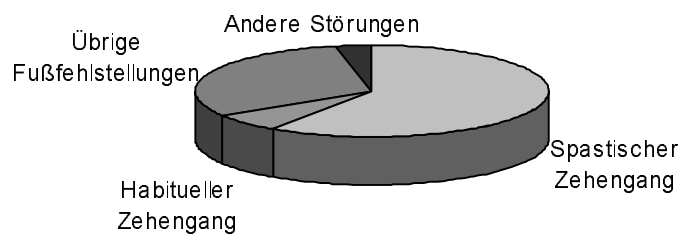


Abbildung 12: behandelte Störungen

8 Kinder wurden aufgrund eines habituellen Zehengangs behandelt, eines davon hatte zusätzlich einen Sichelfuß (Tab.26). Unter den übrigen Fußfehlstellungen waren der Plattfuß und der Knicksenkfuß am häufigsten (Tab.27).

habituelle Zehengänger	Anzahl (n)	Prozent
Zehengang	7	87,5%
- mit Sichelfuß	1	12,5%
SUMME	8	100%

Tabelle 26: habituelle Zehengänger

andere Fußfehlstellungen	Anzahl (n)	Prozent
Plattfuß	18	50%
Knicksenkfuß	6	16,7%
Klumpfuß	4	11,1%
Sichelfuß	2	5,5%
Innenrotation des Fußes	5	13,9%
übereinanderliegende Zehen	1	2,8%
SUMME	36	100%

Tabelle 27: andere Fußfehlstellungen

5 Kinder hatten keine Fußfehlstellung, sie wurden aufgrund anderer Störungen mit den Einlagen behandelt, um die sensomotorische Wahrnehmung zu verbessern (Tab.28).

andere Störungen	Anzahl (n)	Prozent
Beckenrotation und -asymmetrie	1	20%
Gleichgewichtsstörung	2	40%
Dandy Walker mit zerebellärer Ataxie	1	20%
Muskelhypotonie der unteren Extremität	1	20%
SUMME	5	100%

Tabelle 28: andere Störungen

7 Kinder wurden in die Wertung nicht mit einbezogen: 6 konnten nicht gehen, daher war ein Therapiefortschritt nicht zu beurteilen. Ein Kind wurde zeitgleich zum Behandlungsbeginn an beiden Füßen operiert (Tab. 29).

außerhalb der Wertung	Anzahl (n)	Prozent
Zerebralparese (nicht gehfähig)	2	28,5%
Zerebralparese (zeitgleiche Operation)	1	14,3%
Querschnittslähmung	1	14,3%
Muskeldystrophie Duchenne	1	14,3%
Dubowitz -Syndrom	1	14,3%
Instabiler Fuß	1	14,3%
SUMME	7	100%

Tabelle 29: Patienten außerhalb der Wertung

11.3 Allgemeiner Therapieerfolg

Eine dauerhafte Verbesserung des Gangbildes in mindestens einer Hinsicht war bei 94 Kindern (79%) zu verzeichnen. Bei weiteren 7 Kindern (5,9%) war die Verbesserung kurzzeitig, bei 18 Kindern (15,1%) hatte sich durch die Einlagen nichts verändert (Tab.30). Die durchschnittliche Summe der verbesserten Gangfaktoren lag bei 3,0.

Verbesserung des Gangbildes	Anzahl (n)	Prozent
dauerhaft	94	79%
vorübergehend	7	5,9%
keine	18	15,1%
SUMME	119	100%

Tabelle 30: Verbesserung des Gangbildes

11.4 Therapieerfolg bei Zerebralparese

11.4.1 Schweregrade zerebralparetischer Funktionsstörung

Wie aus Tab.31 und Abb.13 zu ersehen, kamen von den 4 verschiedenen Schweregraden Grad 3 (32 Patienten) und Grad 2 (18 Patienten) am häufigsten vor. Es folgen Grad 1 (12 Patienten) und Grad 4 (8 Patienten).

Schweregrad zerebralparet. Fehlstellungen	Anzahl (n)	Prozent
Grad 1: setzt mit der Ferse zuerst auf und rollt dann ab <u>oder</u> setzt den ganzen Fuß gleichzeitig auf, kein deutliches Hinken	12	17,1%
Grad 2: setzt den Vorfuß zuerst auf, dann folgt der ganze Fuß	18	25,7%
Grad 3: tritt nur mit dem Vorfuß auf, kann im Stand aber auf dem ganzen Fuß stehen	32	45,7%
Grad 4: tritt beim Stehen und Gehen nur mit dem Vorfuß auf	8	11,5%
SUMME	70	100%

Tabelle 31: Schweregrad zerebralparetischer Funktionsstörung

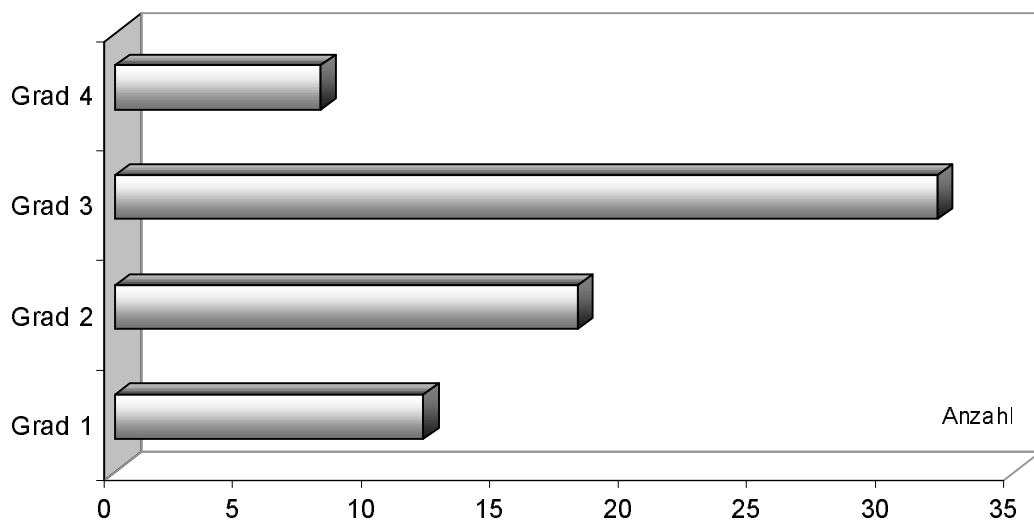


Abbildung 13: Schweregrad zerebralparetischer Funktionsstörung

11.4.2 Verbesserung des Gangbildes

Bei 53 Kindern (75,7%) mit Zerebralparese konnte das Gangbild durch die Einlagen dauerhaft verbessert werden. Bei 4 Kindern (5,7%) war der Erfolg vorübergehend, bei 13 zeigte sich keine Veränderung (Tab.32). Der Zehengang konnte bei 60% der Kinder vermindert werden. Der mittlere Score der verbesserten Gangfaktoren betrug 2,7.

Verbesserung des Gangbildes	Anzahl (n)	Prozent
dauerhaft	53	75,7%
vorübergehend	4	5,7%
keine	13	18,6%
SUMME	70	100%

Tabelle 32: Verbesserung des Gangbildes bei Zerebralparese

11.4.3 Spezifische Veränderungen bei einzelnen Patienten

Bei der letzten Frage zu den Gangveränderungen (03/13) gaben die Eltern folgende weitere Veränderungen, die nicht explizit aufgeführt waren, an:

- weniger Abriebspuren an der Fußspitze
- keine Druckstellen an den Füßen mehr
- weniger Überkreuzen der Füße
- weniger Innenrotation der Füße (4 Kinder)
- kann die Füße besser anheben als mit Innenschuhen
- bessere Abrollbewegung
- Lockerung der Fußmuskulatur
- flüssigere Bewegungsabläufe
- lockerere Bewegungen
- sicherer, plantigrader Stand
- verlangt nach Einlagen, da es barfuss zu unsicher ist
- Kind fühlt sich wohler, stolz und „nur noch ein bisschen behindert“.

11.4.4 Therapieerfolg und Schweregrad der Funktionsstörung

Bei der Untersuchung des Therapieerfolgs für die vier Schweregrade der Zerebralparese ergab sich folgendes Ergebnis (Tab.33, Abb.14 und 15): Bei den mit Grad 1 am wenigsten beeinträchtigten Kindern war der Therapieerfolg am größten: die physiologische Abrollbewegung verbesserte sich in 83,3% der Fälle. Bei Grad 2 kam es in 72,2% zu einer Verbesserung des Zehengangs, bei Grad 3 in 53,1%. Bei den am schwersten betroffenen Kindern mit Grad 4 konnte nur in 25% der Zehengang vermindert werden. Der Zusammenhang zwischen Therapieerfolg und Schweregrad der

Zerebralparese war damit signifikant (Chi-Quadrat-Test: $p=0,0358$). Zum gleichen Ergebnis kamen wir bei der Beurteilung des allgemeinen Gangbildes (Tab.34, ANOVA-Test: $p=0,008$).

Schweregrad Zerebralparese	Anzahl (n)	ZG gebessert	Prozent
Grad 1	12	10	83,3%
Grad 2	18	13	72,2%
Grad 3	32	17	53,1%
Grad 4	8	2	25%
GESAMT	70	42	60%

Tabelle 33: Verbesserung des Zehengangs bei verschiedenen Schweregraden der Zerebralparese

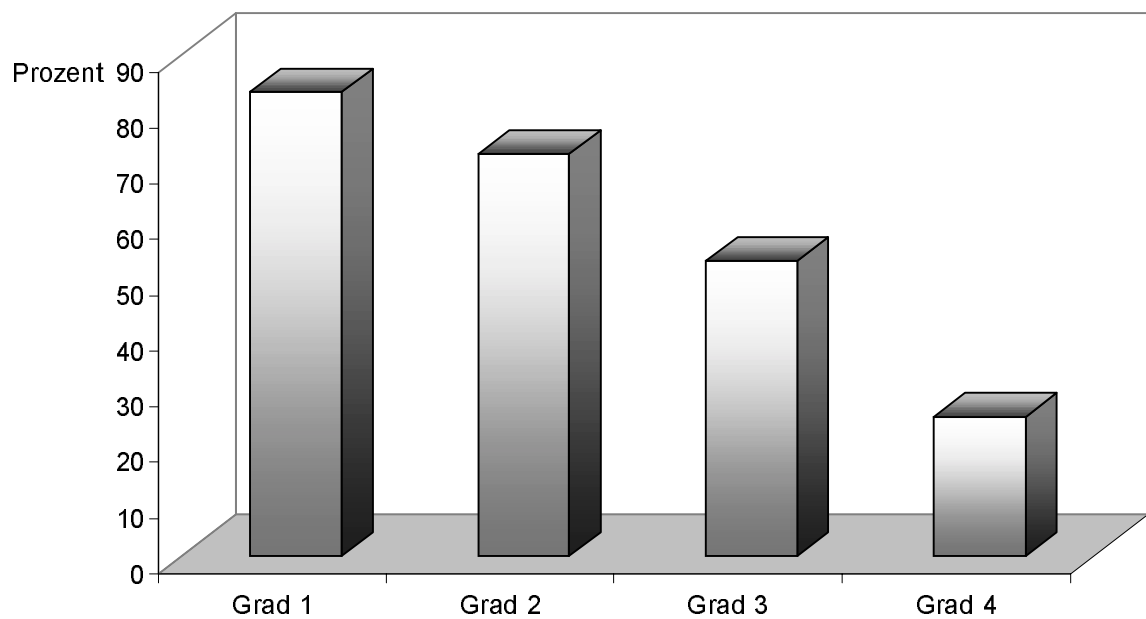


Abbildung 14: Verbesserung des Zehengangs bei verschiedenen Schweregraden der Zerebralparese

Schweregrad Zerebralparese	Anzahl (n)	Summe Score	mittlerer Score
Grad 1	12	46	3,8
Grad 2	18	64	3,6
Grad 3	32	75	2,3
Grad 4	8	7	0,9
GESAMT	70	192	2,7

Tabelle 34: Verbesserung des Gangbildes bei verschiedenen Schweregraden der Zerebralparese

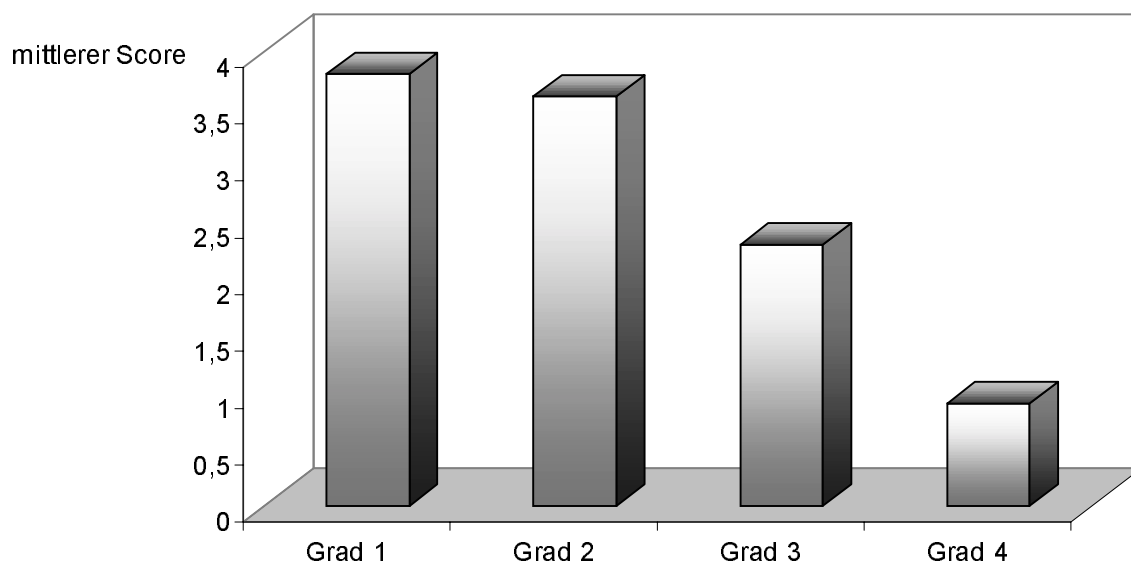


Abbildung 15: Verbesserung des Gangbildes bei verschiedenen Schweregraden der Zerebralparese

11.4.5 Therapieerfolg und Alter bei Therapiebeginn

Bei Kindern der Gruppe I konnte in 66,7% eine Verbesserung des Zehengangs festgestellt werden. Bei denen der Gruppe II beobachteten die Eltern in 62,5% ein plantigraderes Auftreten, in Gruppe III war es nur in 50% zu einer Verbesserung gekommen (Tab.35, Abb.16 und 17). Eine Korrelation zwischen Therapieerfolg und frühem Behandlungsbeginn ließ sich statistisch nicht sichern (Chi-Quadrat-Test: 0,5353). Eine Verbesserung des allgemeinen Gangbildes korrelierte ebenfalls nicht mit dem Alter bei Therapiebeginn (ANOVA-Test: $p=0,377$): die Kinder der Gruppe I hatten ei-

nen Score von 2,3, in Gruppe II war er mit 3,2 am höchsten, bei den Kindern der Gruppe III lag er bei 2,5 (Tab.36).

Alter bei Therapiebeginn	Anzahl (n)	ZG gebessert	Prozent
Gruppe I (1-4 Jahre)	18	12	66,7%
Gruppe II (5-9 Jahre)	32	20	62,5%
Gruppe III (10-14 Jahre)	20	10	50,0%
GESAMT	70	42	60%

Tabelle 35: Verbesserung des Zehengangs in den verschiedenen Altersgruppen

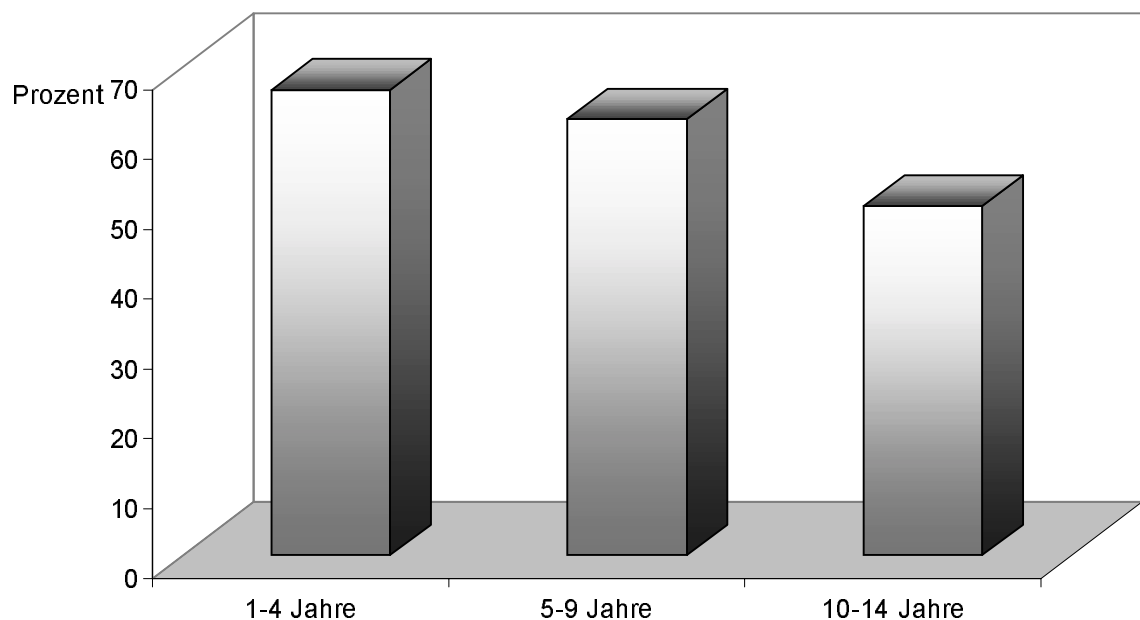


Abbildung 16: Verbesserung des Zehengangs in den verschiedenen Altersgruppen

Alter bei Therapiebeginn	Anzahl (n)	Summe Score	mittlerer Score
Gruppe I (1-4 Jahre)	18	41	2,3
Gruppe II (5-9 Jahre)	32	101	3,2
Gruppe III (10-14 Jahre)	20	50	2,5
GESAMT	70	192	2,7

Tabelle 36: Verbesserung des Gangbildes in den verschiedenen Altersgruppen

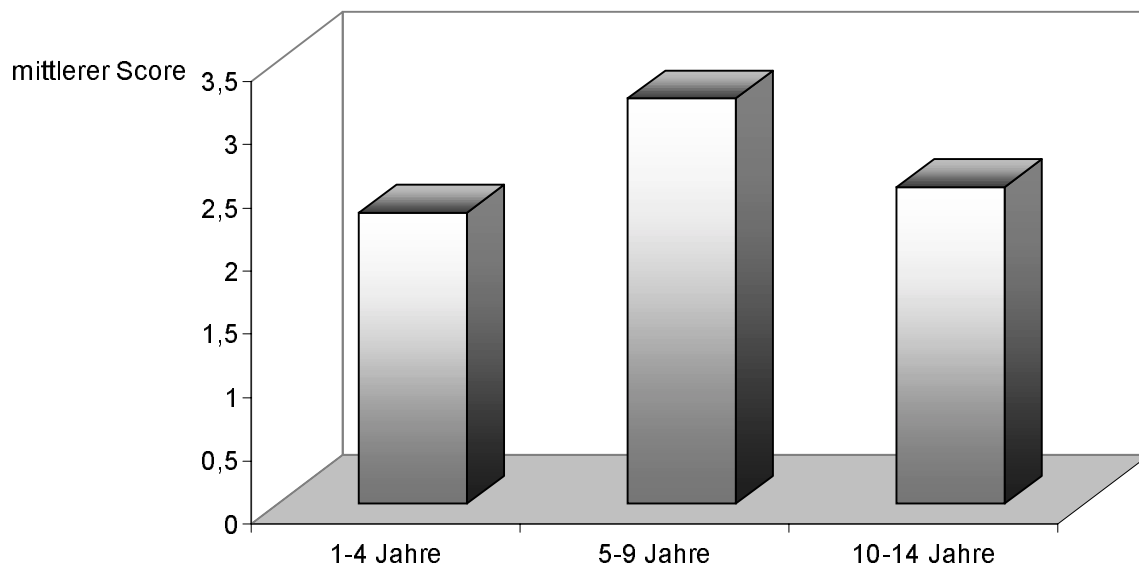


Abbildung 17: Verbesserung des Gangbildes in den verschiedenen Altersgruppen

11.4.6 Therapieerfolg und selbständiges Gehen

Sowohl bezüglich des Zehengangs als auch des allgemeinen Gangbildes kam es signifikant häufiger zu einer Verbesserung, wenn das Kind beim Laufen nicht auf Hilfe angewiesen war: bei frei gehenden Kindern kam es in 67,3% zu einer Verminderung des Zehengangs, bei denen, die dazu Unterstützung nötig hatten, nur in 38,9% (Tab. 37, Abb.18 und 19, Chi-Quadrat-Test: $p=0,0339$). Der Score der allgemeinen Laufeigenschaften betrug 3,1 bei den selbständig laufenden und 1,6 bei den auf Hilfe angewiesenen Kindern (Tab.38, ANOVA-Test: $p=0,0146$).

Art der Fortbewegung	Anzahl (n)	ZG gebessert	Prozent
läuft selbständig	52	35	67,3%
läuft mit Hilfe	18	7	38,9%
GESAMT	70	42	60%

Tabelle 37: Verbesserung des Zehengangs bei selbständigem/unterstütztem Gehen

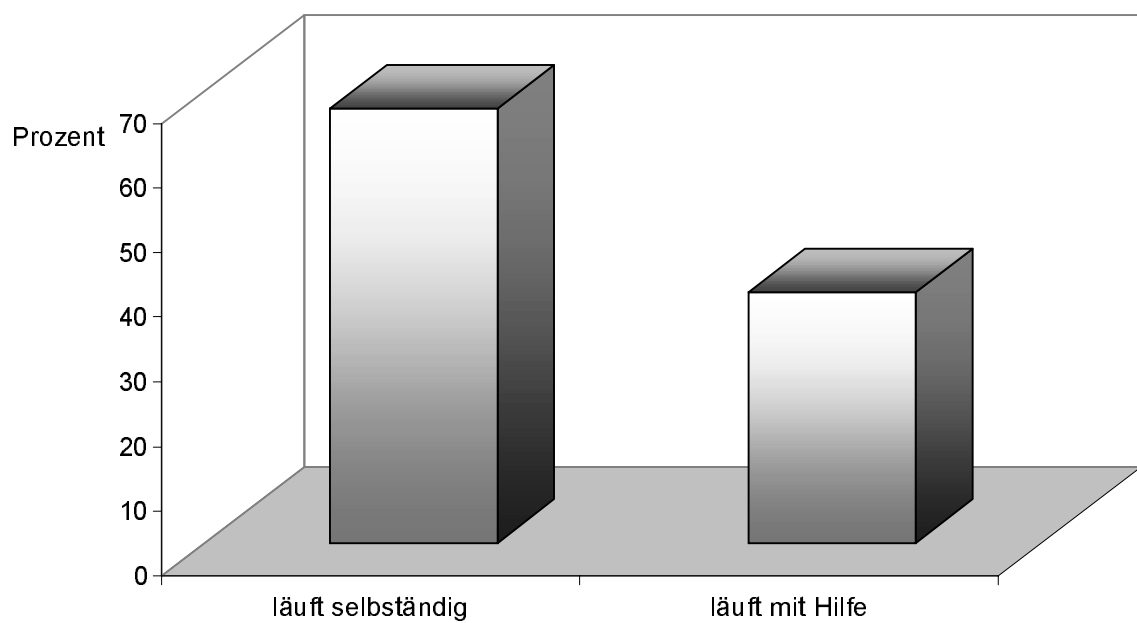


Abbildung 18: Verbesserung des Zehengangs bei selbständigem/unterstütztem Gehen

Art der Fortbewegung	Anzahl (n)	Summe Score	mittlerer Score
läuft selbständig	52	163	3,1
läuft mit Hilfe	18	29	1,6
GESAMT	70	192	2,7

Tabelle 38: Verbesserung des Gangbildes bei selbständigem/unterstütztem Gehen

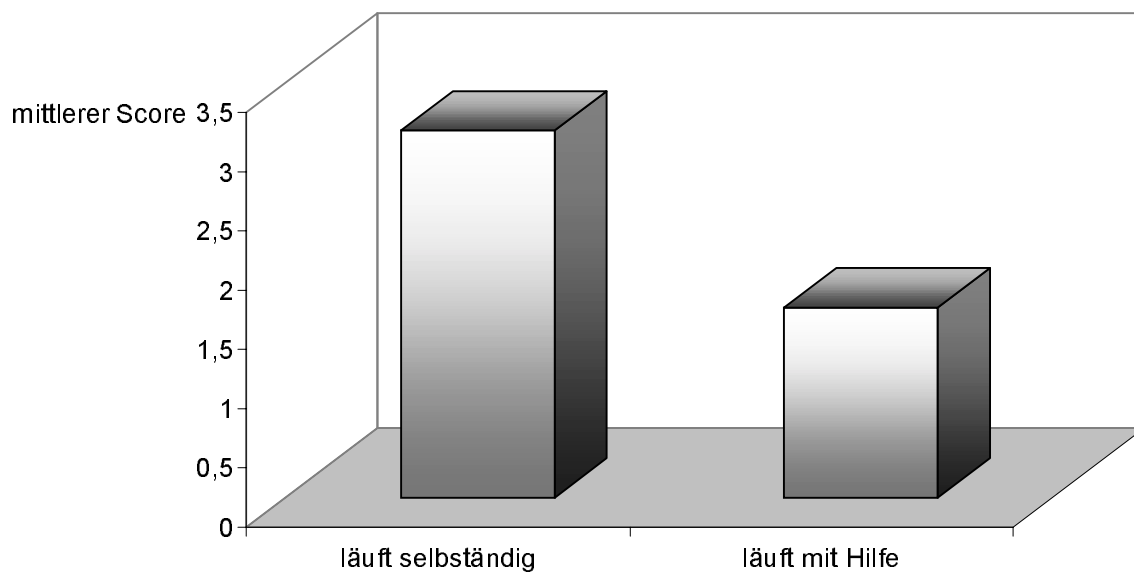


Abbildung 19: Verbesserung des Gangbildes bei selbständigem/unterstütztem Gehen

11.4.7 Therapieerfolg und Ein- bzw. Beidseitigkeit der Fehlstellung

Bei einseitig betroffenen Kindern konstatierten die Eltern in 70,8% eine Verbesserung des Zehengangs, bei beidseitig betroffenen Kindern betrug die Erfolgsquote 54,3% (Tab.39). Dieser Unterschied war nicht signifikant (Chi-Quadrat-Test: $p=0,1814$). Der Score der allgemeinen Laufeigenschaften lag bei den einseitig betroffenen Kindern bei 3,0 bei den beidseitig betroffenen Patienten bei 2,6 (Tab.40). Der Unterschied war nicht signifikant (ANOVA-Test: $p=0,4379$).

ein-/beidseitige Fehlstellung	Anzahl (n)	ZG gebessert	Prozent
beide Füße betroffen	46	25	54,3%
ein Fuß betroffen	24	17	70,8%
GESAMT	70	42	60%

Tabelle 39: Verbesserung des Zehengangs bei ein/beidseitiger Fehlstellung

ein-/beidseitige Fehlstellung	Anzahl (n)	Summe Score	mittlerer Score
beide Füße betroffen	46	119	2,6
ein Fuß betroffen	24	73	3,0
GESAMT	70	192	2,7

Tabelle 40: Verbesserung des Gangbildes bei ein/beidseitiger Fehlstellung

11.4.8 Therapieerfolg und Entwicklungsverzögerung

Bei Kindern mit keiner oder geringer motorischer Entwicklungsverzögerung hatte sich der Zehengang zu 62,5% gebessert, bei Kindern mit mäßiger Entwicklungsverzögerung zu 61,9%, bei denjenigen mit schwerer motorischer Retardierung zu 33,3% (Tab.41, Abb.20 und 21). Die Hypothese, dass eine geringere Entwicklungsverzögerung mit einem größeren Therapieerfolg korreliert, ließ sich statistisch nicht sichern (Chi-Quadrat-Test: $p=0,0999$).

Die gleiche Tendenz war beim allgemeinen Gangbild zu sehen (Tab. 42): die Kinder der Gruppe I hatten einen Score von 3,2, in Gruppe II lag er bei 2,6, in Gruppe III bei 1,9 (ANOVA-Test: $p=0,2237$).

motorische Retardierung	Anzahl (n)	ZG gebessert	Prozent
Gruppe I (Score 0-3)	32	20	62,5%
Gruppe II (Score 4-6)	21	13	61,9%
Gruppe III (Score 7-9)	12	4	33,3%
GESAMT	65	37	56,9%

Tabelle 41: Verbesserung des Zehengangs bei motorischer Retardierung

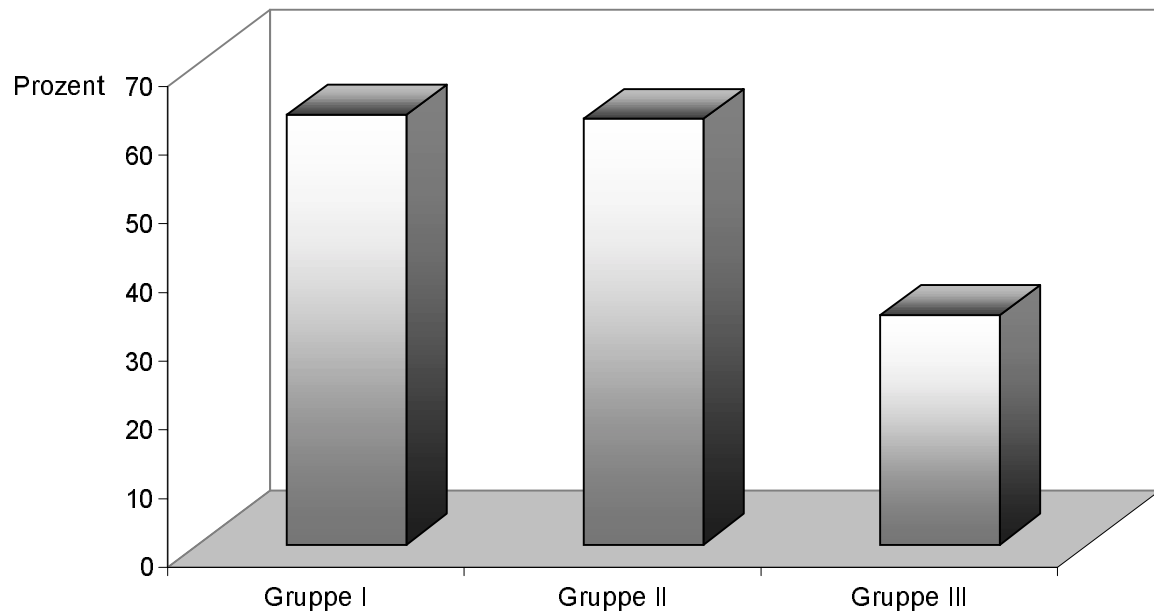


Abbildung 20: Verbesserung des Zehengangs bei motorischer Retardierung

motorische Retardierung	Anzahl (n)	Summe Score	mittlerer Score
Gruppe I (Score 0-3)	32	103	3,2
Gruppe II (Score 4-6)	21	54	2,6
Gruppe III (Score 7-9)	12	23	1,9
GESAMT	65	180	2,8

Tabelle 42: Verbesserung des Gangbilds bei motorischer Retardierung

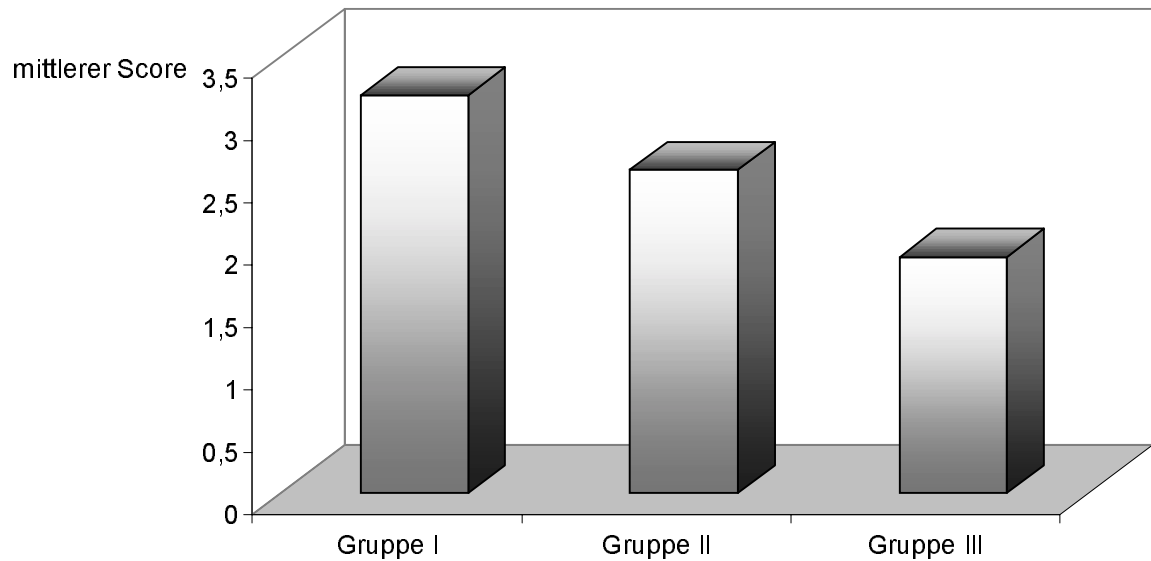


Abbildung 21: Verbesserung des Gangbilds bei motorischer Retardierung

Auch bezüglich der sprachlichen Retardierung ließ sich kein Zusammenhang feststellen (Tab. 43, Abb.22 und 23): Bei den Kindern der Gruppe I war der Zehengang in 63,6% verringert, bei denjenigen der Gruppe II zu 37,5% und bei den Kindern der Gruppe III zu 66,6% (Tab.43, Chi-Quadrat-Test: $p=0,3706$). Der Score der allgemeinen Laufeigenschaften (Tab.44) lag in Gruppe I bei 3,0, in Gruppe II bei 2,3 und in Gruppe III bei 1,3 (Tab.44, ANOVA-TEST $p=0,3448$).

sprachliche Retardierung	Anzahl (n)	ZG gebessert	Prozent
Gruppe I (Score 0-3)	44	28	63,6%
Gruppe II (Score 4-6)	8	3	37,5%
Gruppe III (Score 7-9)	3	2	66,6%
GESAMT	55	33	60%

Tabelle 43: Verbesserung des Zehengangs bei sprachlicher Retardierung

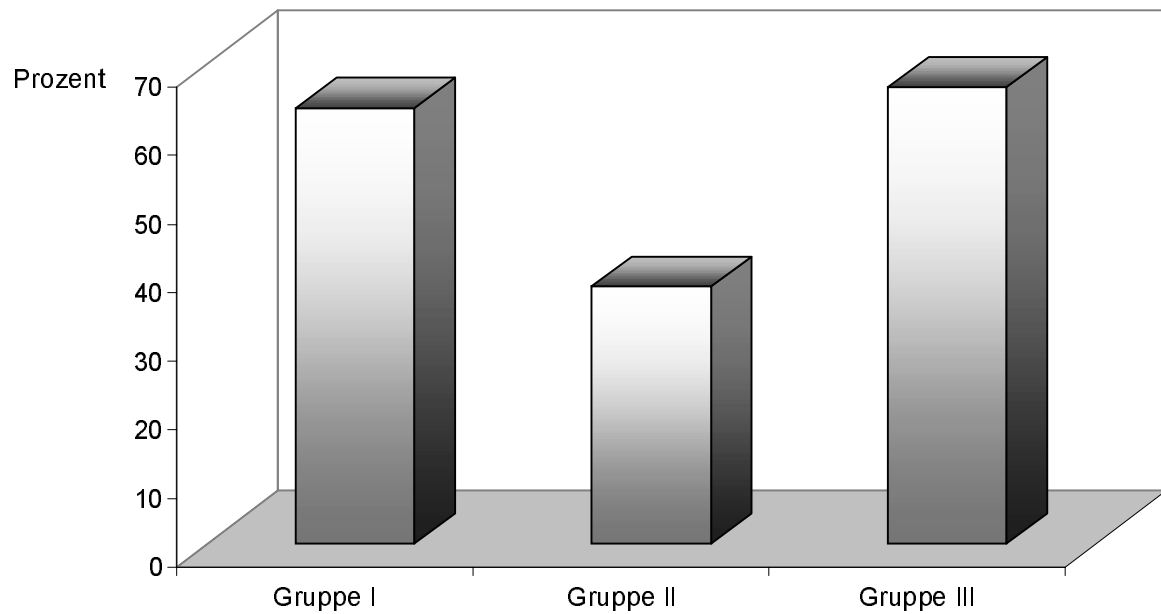


Abbildung 22: Verbesserung des Zehengangs bei sprachlicher Retardierung

sprachliche Retardierung	Anzahl (n)	Summe Score	Mittlerer Score
Gruppe I (Score 0-3)	44	134	3,0
Gruppe II (Score 4-6)	8	18	2,3
Gruppe III (Score 7-9)	3	4	1,3
GESAMT	55	156	2,6

Tabelle 44: Verbesserung des Gangbilds bei sprachlicher Retardierung

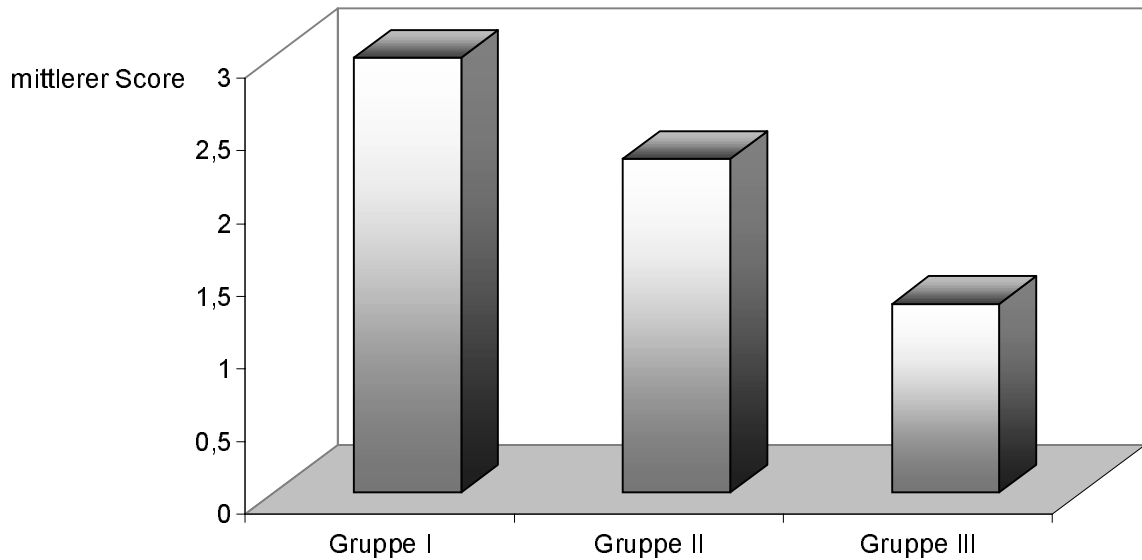


Abbildung 23: Verbesserung des Gangbilds bei sprachlicher Retardierung

11.4.9 Therapieerfolg und Behandlungsdauer

Je länger die Behandlungsdauer, desto häufiger war ein Therapieerfolg beobachtet worden. Dies war sowohl bezüglich des Zehengangs (Tab.45, Abb.24, Chi-Quadrat-Test-Test $p=0,0174$) als auch des allgemeinen Gangbildes (Tab.46, Abb.25, ANOVA-TEST $p=0,01713$) statistisch signifikant: Bei Kindern, die die Einlagen weniger als sechs Monate trugen, hatte sich der Zehengang zu 20% verbessert, der Score lag bei 1,1. Bei einer Behandlungsdauer bis zu einem Jahr war in 53,8% eine Verringerung des Zehengangs eingetreten, der mittlere Score war 1,9. Bei bis zu zweijähriger Behandlungsdauer war der Zehengang in 64,5% weniger geworden, der Score betrug 3,2. Bei über zweijähriger Therapie liefen 81,3% mehr plantigrad, der mittlere Score war 3,5.

Behandlungsdauer	Anzahl (n)	ZG gebessert	Prozent
bis 6 Monate	10	2	20%
bis 1 Jahr	13	7	53,8%
bis 2 Jahre	31	20	64,5%
länger als 2 Jahre	16	13	81,3%
GESAMT	70	42	60%

Tabelle 45: Verbesserung des Zehengangs nach Behandlungsdauer

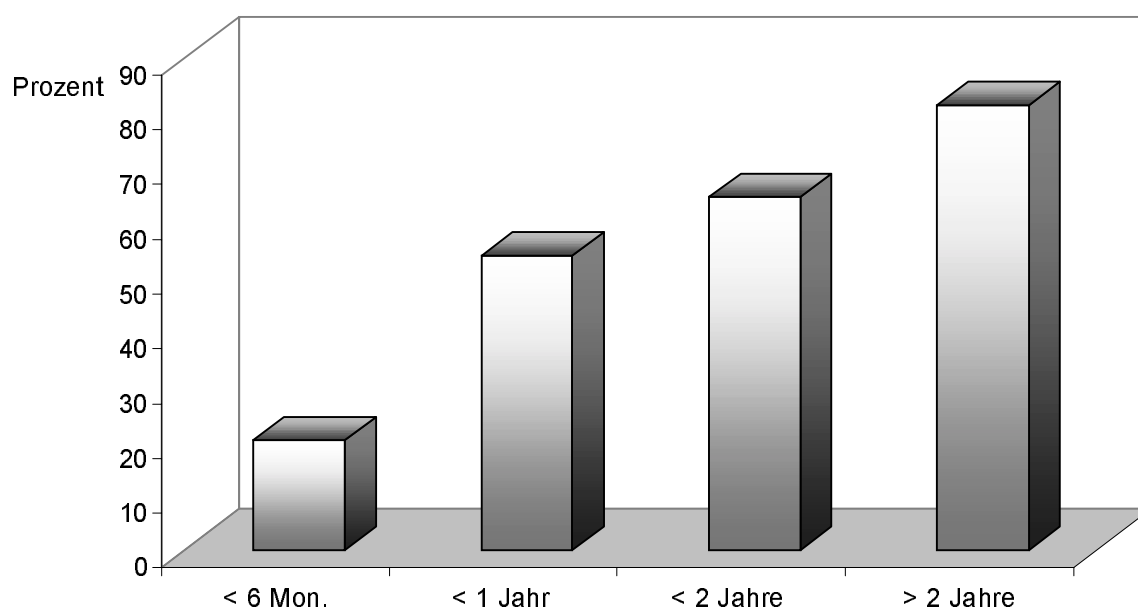


Abbildung 24: Verbesserung des Zehengangs nach Behandlungsdauer

Behandlungsdauer	Anzahl (n)	Summe Score	mittlerer Score
bis 6 Monate	10	11	1,1
bis 1 Jahr	13	25	1,9
bis 2 Jahre	31	100	3,2
länger als 2 Jahre	16	56	3,5
GESAMT	70	192	2,7

Tabelle 46: Verbesserung des Gangbilds nach Behandlungsdauer

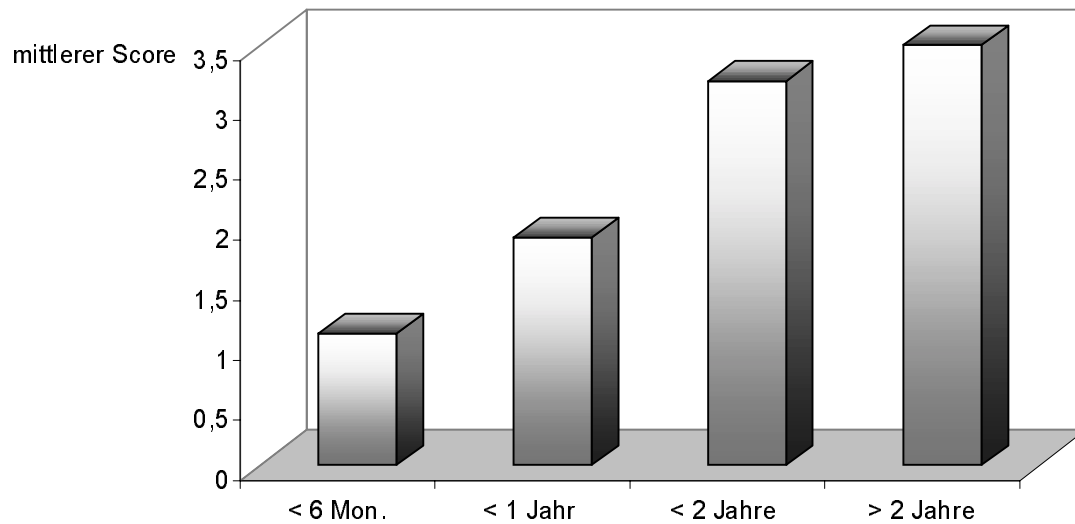


Abbildung 25: Verbesserung des Gangbilds nach Behandlungsdauer

11.4.10 Therapieerfolg und Tragen der Einlagen

Mit 61,4% blieb bei der Mehrzahl der zerebralparetischen Kinder das Gangbild nur gebessert, so lange die Einlagen getragen wurden. 38,6% der mit Erfolg behandelten Kinder hatten auch ohne Einlagen ein verbessertes Gangbild (Tab.47, Abb.26).

Tragen der Einlagen	Anzahl (n)	Prozent
Verbesserung nur mit Einlagen	35	61,4%
Verbesserung auch ohne Einlagen	22	38,6%
SUMME	57	100%

Tabelle 47: Verbesserung des Gangbildes mit/ohne Einlagen

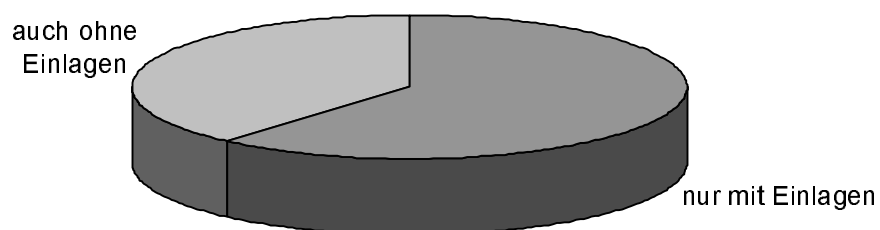


Abbildung 26: Verbesserung des Gangbildes mit/ohne Einlagen

11.4.11 Therapieerfolg und Krankengymnastik

Eine zusätzliche krankengymnastische Behandlung hatte keinen signifikanten Einfluss auf den Therapieerfolg (Tab.48 und 49). Mit Krankengymnastik kam es in 59% zu einer Verbesserung des Zehengangs, ohne Krankengymnastik in 75% (Chi-Quadrat-Test $p = 0,5283$). Der mittlere Score mit Krankengymnastik lag bei 2,7, ohne Krankengymnastik bei 3,5. (ANOVA-TEST $p = 0,3497$).

Krankengymnastik	Anzahl (n)	gebessert	Prozent
zusätzlich	66	39	59%
keine	4	3	75%
GESAMT	70	42	60%

Tabelle 48: Verbesserung des Zehengangs mit/ohne Krankengymnastik

Krankengymnastik	Anzahl (n)	Summe Score	mittlerer Score
zusätzlich	66	178	2,7
keine	4	14	3,5
GESAMT	70	192	2,7

Tabelle 49: Verbesserung des Gangbildes mit/ohne Krankengymnastik

11.4.12 Nachlassen der Wirkung

Mit 50,9% ließ bei etwa der Hälfte der mit Erfolg behandelten Kinder der Therapieeffekt im Lauf der Zeit nach. Bei 26 Kindern (45,6%) wurden dann neue Einlagen angepasst. Wie in 11.4.2. zu sehen, blieb bei 4 Kindern (7%) der Erfolg trotzdem vorübergehend (Tab.50).

Wirkungsnachlass	Anzahl (n)	Prozent
Wirkung ließ nicht nach	28	49,1%
Wirkungsnachlass, keine neuen Einlagen	3	5,3%
Wirkungsnachlass, neue Einlagen	26	45,6%
SUMME	57	100%

Tabelle 50: Wirkungsnachlass der Einlagen

11.4.13 Therapieabbruch

Bei 12 Kindern (17%) wurde die Therapie abgebrochen. In 5 Fällen war ein fehlender Therapieerfolg die Ursache, in 3 Fällen ein Wirkungsnachlass. 2 Kinder hatten durch die Einlagen Schmerzen in den Füßen, bei 2 Kindern beendeten die Eltern die Behandlung, weil keine passenden Sommerschuhe zu finden waren (Tab.51).

Gründe für Therapieabbruch	Anzahl (n)	Prozent
kein Erfolg	5	7,1%
Schmerzen	2	2,9%
keine passenden Sommerschuhe	2	2,9%
nachlassende Wirkung	3	4,3%
kein Therapieabbruch	58	82,8%
SUMME	70	100%

Tabelle 51: Gründe für einen Therapieabbruch

11.4.14 Akzeptanz der Einlagen

In 34,3% gaben die Eltern an, dass Ihr Kind die Einlagen gern trage. Mit 44,3% beobachtete die Mehrzahl der Eltern weder eine positive noch eine negative Reaktion

auf die Orthesen. 12,9% der Kinder trugen die Einlagen ungern, 8,6% lehnten sie ganz ab. Insgesamt tolerierten 78,6% der Kinder die Einlagen gut (Tab.52, Abb.27).

Akzeptanz der Einlagen	Anzahl (n)	Prozent
trägt die Einlagen gern	24	34,3%
trägt sie weder gern noch ungern	31	44,3%
trägt sie ungern	9	12,8%
lehnt sie ab	6	8,6%
SUMME	70	100%

Tabelle 52: Akzeptanz der Einlagen

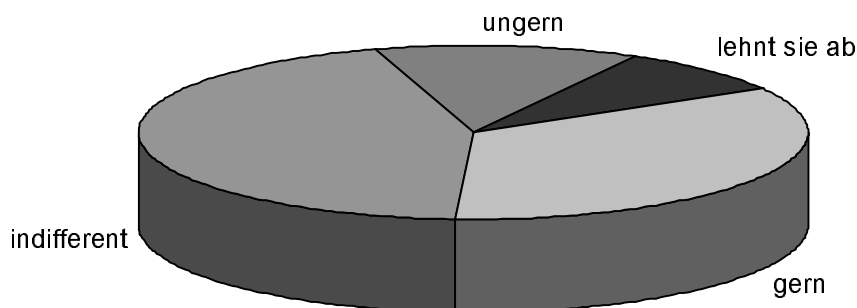


Abbildung 27: Akzeptanz der Einlagen

11.4.15 Andere Therapien

Bei einigen der Kinder mit Zerebralparese vermerkten die Eltern auf dem Fragebogen, dass die Kinder auch andere Therapien als die sensomotorischen Einlagen hatten, denen zum Teil eine größere Bedeutung als den Einlagen zugemessen wurde. Die Behandlungsmethoden waren im Einzelnen:

- Achillessehnenverlängerung: Bei 2 Kindern, die im Alter von 6 bzw. 10 Jahren operiert wurden und danach "gut laufen" konnten, spielten die Einlagen nur eine unter-

stützende Rolle. Ein Kind wurde im Alter von 14 Jahren mit großem Erfolg operiert, nachdem sich durch die Einlagen der Gang schon gebessert hatte.

- Nachtlagerungsschienen: Ein Kind hatte sie vor den Einlagen benutzt. Mit den Nachtschienen war der Fersenkontakt noch besser, mit den Einlagen läuft es aber aufrechter. Ein weiteres Kind hat jetzt statt der Einlagen Schienen, weil diese einen größeren Erfolg brachten.
- Gipsschienen: Bei einem Patienten brachten die Einlagen nur einen vorübergehenden Erfolg, nach der Behandlung mit Gipsschienen lief es plantigrad.
- Derotationsgerät: Zusätzlich zu den Orthesen brachte dies große Erfolge.
- Reiten: Für die Eltern eines Kindes, das mit den Einlagen große Fortschritte zeigte, ist Reiten die beste Therapie.
- Botulinumtoxin - Behandlung: Diese brachte bei einem Kind ein plantigrades Gangbild, das durch die Orthesen nicht erreicht werden konnte.

11.5 Therapieerfolg bei habituellen Zehengängern

11.5.1 Verbesserung des Gangbildes

Bei allen habituellen Zehengängern hatte sich das Gangbild durch die Einlagen verbessert, bei 2 Kindern war der Behandlungserfolg vorübergehend (Tab.53). Der Zehengang konnte bei 100% vermindert werden. Aus diesem Grund und aufgrund der geringen Fallzahlen schien hier eine statistische Analyse wenig sinnvoll. Der mittlere Score lag bei 2,9.

Alle habituellen Zehengänger konnten ohne Hilfe laufen und hatten keine verzögerte Entwicklung.

Verbesserung des Gangbildes	Anzahl (n)	Prozent
dauerhaft	6	75%
vorübergehend	2	25%
keine	0	0%
SUMME	8	100%

Tabelle 53: Verbesserung des Gangbildes bei habituellen Zehengängern

11.5.2 Therapieerfolg und Alter bei Therapiebeginn

7 Kinder waren zwischen 1 und 4 Jahren alt, der mittlere Score betrug 3,3. 1 Kind befand sich in der Altersgruppe zwischen 5 und 9 Jahren (Tab.54). Bei ihm hatte sich der Zehengang vermindert, das übrige Gangbild blieb unbeeinflusst.

Alter bei Therapiebeginn	Anzahl (n)	Summe Score	mittlerer Score
Gruppe I (1-4 Jahre)	7	23	3,3
Gruppe II (5-9 Jahre)	1	0	0
Gruppe III (10-14 Jahre)	0		
GESAMT	8	23	2,9

Tabelle 54: Therapieerfolg in den verschiedenen Altersgruppen

11.5.3 Therapieerfolg und Ein- bzw. Beidseitigkeit der Fehlstellung

Der Score der verbesserten Gangparameter lag bei beidseitigen Zehengängern bei 1,8 und bei einseitig betroffenen Patienten mit 4,7 deutlich höher (Tab.55, Abb. 28).

ein-/beidseitige Fehlstellung	Anzahl (n)	Summe Score	mittlerer Score
beide Füße betroffen	5	9	1,8
ein Fuß betroffen	3	14	4,7
GESAMT	8	23	2,9

Tabelle 55: Verbesserung des Gangbildes bei ein-/beidseitiger Fehlstellung

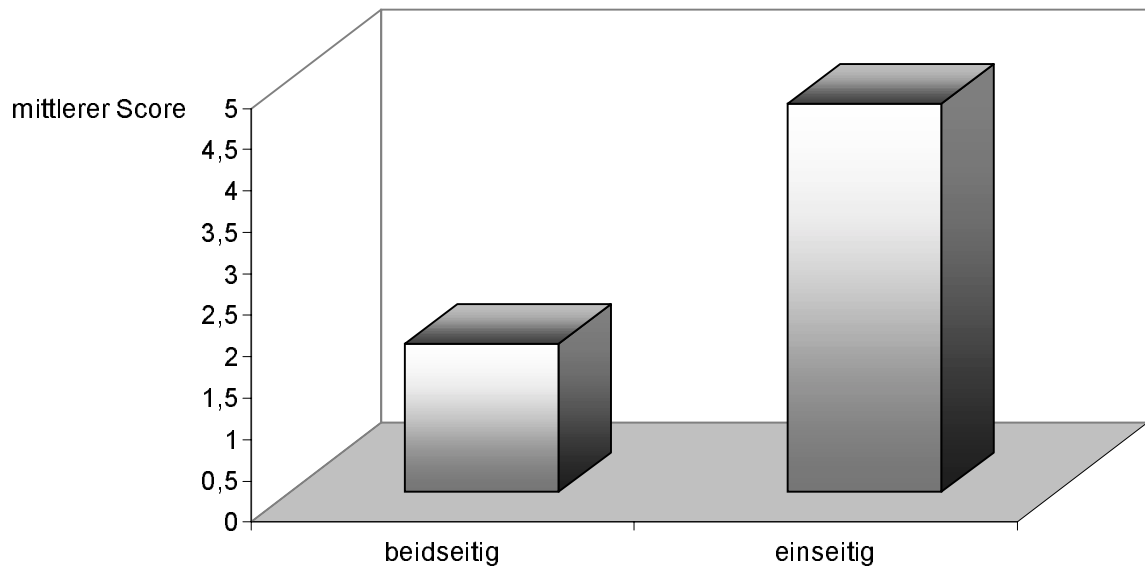


Abbildung 28: Verbesserung des Gangbildes bei ein-/beidseitiger Fehlstellung

11.5.4 Therapieerfolg und Behandlungsdauer

Bei Kindern, die die Einlagen bis zu 6 Monaten trugen, war das Gangbild unverändert. Bei bis zu einjähriger Therapiedauer lag der mittlere Score bei 3,0, bei bis zu zweijähriger Behandlung bei 5,0 und bei einer über 2 Jahre andauernden Therapie bei 4,5 (Tab.56, Abb.29).

Behandlungsdauer	Anzahl (n)	Summe Score	mittlerer Score
bis 6 Monate	2	0	0
bis 1 Jahr	3	9	3
bis 2 Jahre	1	5	5
länger als 2 Jahre	2	9	4,5
GESAMT	8	23	2,9

Tabelle 56: Verbesserung des Gangbilds nach Behandlungsdauer

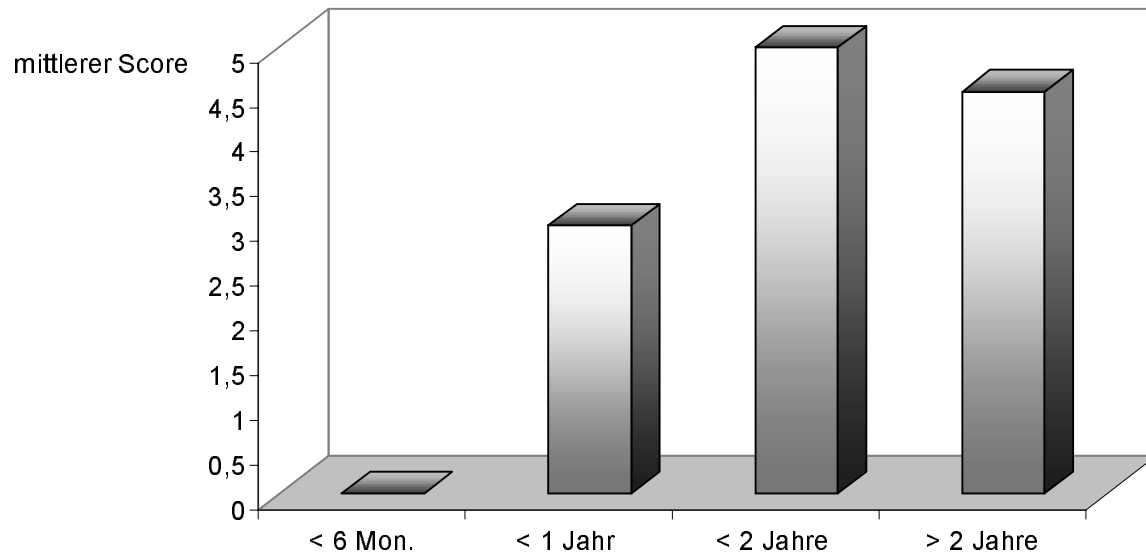


Abbildung 29: Verbesserung des Gangbilds nach Behandlungsdauer

11.5.5 Therapieerfolg und Tragen der Einlagen

Mit 75% blieb bei der Mehrzahl der Kinder der Therapieerfolg bestehen, auch wenn sie die Einlagen nicht trugen. 25% hatten eine ständige Stimulation durch die Einlagen nötig (Tab.57, Abb.30).

Tragen der Einlagen	Anzahl (n)	Prozent
Verbesserung nur mit Einlagen	2	25%
Verbesserung auch ohne Einlagen	6	75%
SUMME	8	100%

Tabelle 57: Verbesserung des Gangbildes mit/ohne Einlagen

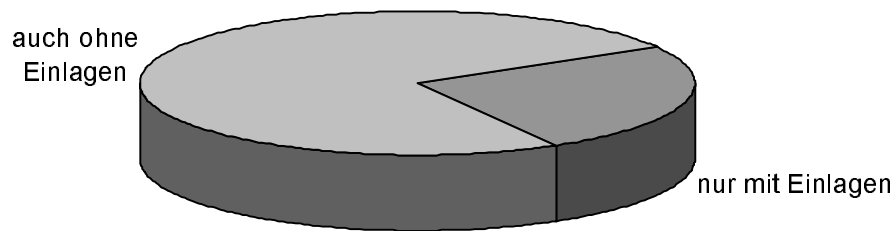


Abbildung 30: Verbesserung des Gangbildes mit/ohne Einlagen

11.5.6 Therapieerfolg und Krankengymnastik

Bei Kindern, die zusätzlich Krankengymnastik erhielten, lag der Score mit 3,3 deutlich höher als bei den nicht behandelten Kindern mit 1,5 (Tab.58).

Krankengymnastik	Anzahl (n)	Score	Prozent
zusätzlich	6	20	3,3
keine	2	3	1,5
GESAMT	8	23	2,9

Tabelle 58: Verbesserung des Gangbildes mit/ohne Krankengymnastik

11.5.7 Nachlassen der Wirkung

Bei 75% der Kinder blieb die Wirkung während der gesamten Behandlungsdauer bestehen. Bei 2 Kindern (25%) ließ die Wirkung nach, bei einem davon wurden neue Einlagen angepasst, trotzdem blieb der Erfolg vorübergehend (Tab.59).

Wirkungsnachlass	Anzahl (n)	Prozent
Wirkung ließ nicht nach	6	75%
Wirkungsnachlass, keine neuen Einlagen	1	12,5%
Wirkungsnachlass, neue Einlagen	1	12,5%
SUMME	8	100%

Tabelle 59: Wirkungsnachlass der Einlagen

11.5.8 Therapieabbruch

Bei 2 Kindern (25%) wurde die Therapie abgebrochen. Bei einem war die oben genannte nachlassende Wirkung der Grund, bei dem anderen das Fehlen passender Sommerschuhe (Tab.60).

Gründe für Therapieabbruch	Anzahl (n)	Prozent
keine passen Sommerschuhe	1	12,5%
nachlassende Wirkung	1	12,5%
kein Therapieabbruch	6	75%
SUMME	8	100%

Tabelle 60: Gründe für einen Therapieabbruch

11.5.9 Akzeptanz der Einlagen

2 Kinder (25%) trugen die Einlagen gern. Bei 5 Kindern (62,5%) wurden die Einlagen weder als angenehm noch als unangenehm empfunden. Ein Kind lehnte die Einlagen ab. Damit tolerierten 87,5% die Einlagen gut (Tab.61, Abb.31).

Akzeptanz der Einlagen	Anzahl (n)	Prozent
trägt die Einlagen gern	2	25%
trägt sie weder gern noch ungern	5	62,5%
trägt sie ungern	0	0%
lehnt sie ab	1	12,5%
SUMME	8	100%

Tabelle 61: Akzeptanz der Einlagen

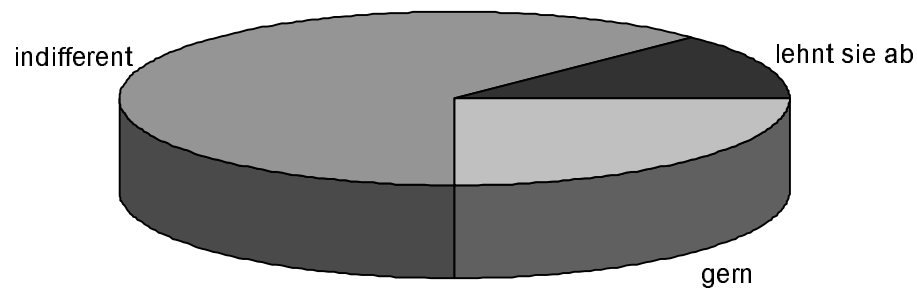


Abbildung 31: Akzeptanz der Einlagen

11.6 Therapieerfolg bei anderen Fußfehlstellungen

11.6.1 Verbesserung des Gangbildes

Bei der Gesamtheit der anderen Fehlstellungen hatte sich in 86,1% der Fälle das Gangbild dauerhaft verbessert, in einem Fall (2,8%) war der Therapieerfolg kurzzeitig (Tab.62). Der mittlere Score für die einzelnen Fußfehlstellungen ist aus Tab.63 ersichtlich.

Verbesserung des Gangbildes	Anzahl (n)	Prozent
dauerhaft	31	86,1%
vorübergehend	1	2,8%
keine	4	11,1%
SUMME	36	100%

Tabelle 62: Verbesserung des Gangbildes

Fußfehlstellung	Anzahl (n)	Summe Score	mittl. Score
Plattfuß	18	65	3,6
Knicksenkfuß	6	28	4,7
Sichelfuß	2	1	0,5
Klumpfuß	4	10	2,5
Innenrotation des Fußes	5	13	2,6
Übereinanderliegende Zehen	1	6	6,0
GESAMT	36	123	3,4

Tabelle 63: Verbesserung des Gangbildes bei den einzelnen Fehlstellungen

11.6.2 Spezifische Veränderungen bei einzelnen Patienten

An speziellen, nicht aufgeführten Veränderungen, wurde von den Eltern dieser Gruppe folgendes angemerkt:

- Kräftigung der Fußmuskulatur und Rückgang eines Knicksenkfußes bei Hypotonie
- Erhöhung der Körperspannung und des Tonus bei Hypotonie und Plattfuß
- Tonusverbesserung, mehr sportliches Engagement bei Plattfuß
- Geringere Varusstellung der Knie bei Plattfuß
- Armkoordination beim Rennen verbessert bei Plattfuß
- freieres Laufen als vorher mit Innenschuhen bei Plattfuß
- leichteres und weniger anstrengendes Gehen für das Kind als ohne Einlagen bei Innenrotation des Fußes
- gerade Zehen - Stellung bei Klumpfuß
- Behebung einer Rotationsfehlstellung der Wirbelsäule und des Beckens

11.6.3 Therapieerfolg und Alter bei Therapiebeginn

Es ließ sich kein Zusammenhang zwischen Behandlungserfolg und Alter bei Therapiebeginn feststellen (ANOVA-TEST $p=0,363$): Kinder der Gruppe I hatten einen mittleren Score von 3,3, in Gruppe II betrug er 4,1 und in Gruppe III 2,0 (Tab.64, Abb.32).

Alter bei Therapiebeginn	Anzahl (n)	Summe Score	mittlerer Score
Gruppe I (1-4 Jahre)	24	80	3,3
Gruppe II (5-9 Jahre)	9	37	4,1
Gruppe III (10-14 Jahre)	3	6	2,0
GESAMT	36	123	3,4

Tabelle 64: Verbesserung des Gangbildes in den verschiedenen Altersgruppen

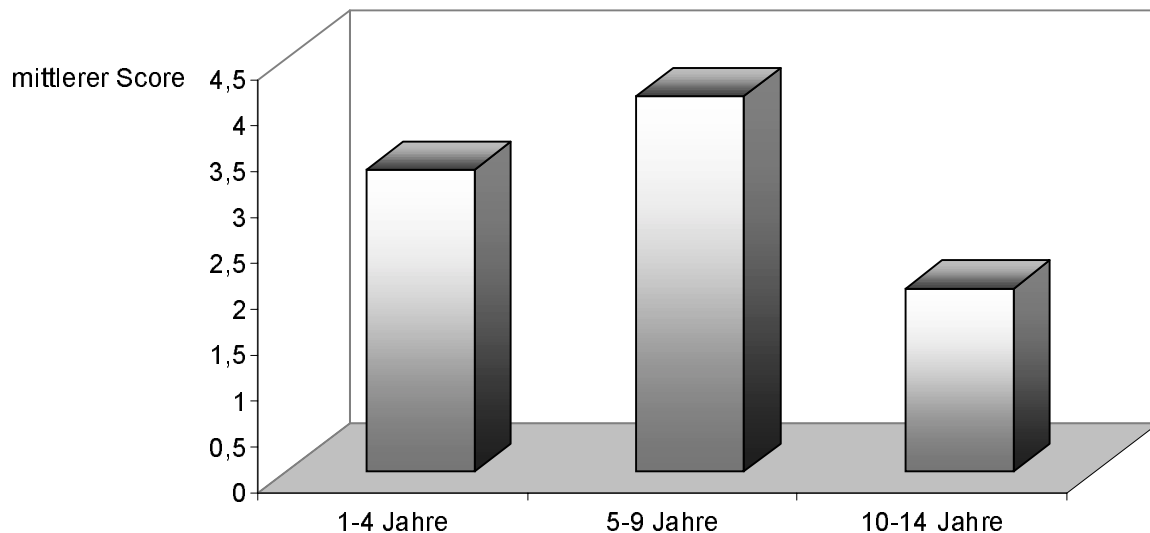


Abbildung 32: Verbesserung des Gangbildes in den verschiedenen Altersgruppen

11.6.4 Therapieerfolg und selbständiges Gehen

Nur 1 von 36 Kindern war beim Laufen auf fremde Hilfe angewiesen. Bei ihm betrug der Score 3,0, bei den anderen Kindern im Mittel 3,4. Eine statistische Auswertung erschien nicht sinnvoll (Tab.65, Abb.33).

Art der Fortbewegung	Anzahl(n)	Summe Score	mittlerer Score
läuft selbständig	35	120	3,4
läuft nur mit Hilfe	1	3	3,0
GESAMT	36	123	3,4

Tabelle 65: Verbesserung des Gangbildes bei selbständigem/unterstütztem Gehen

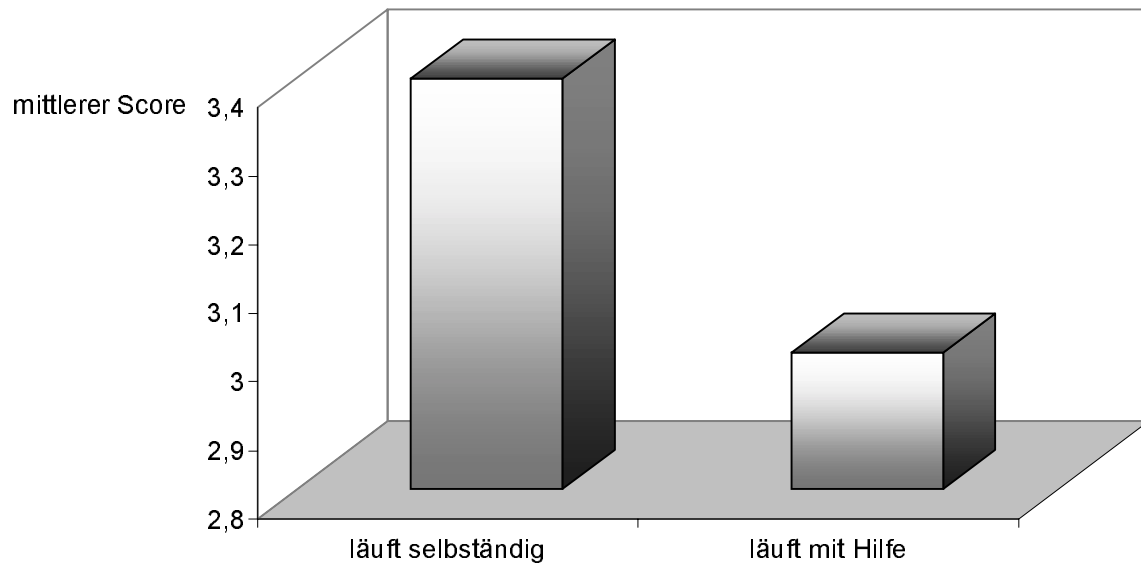


Abbildung 33: Verbesserung des Gangbildes bei selbständigem/unterstütztem Gehen

11.6.5 Therapieerfolg und Ein- bzw. Beidseitigkeit der Fehlstellung

Bei den einseitig betroffenen Kindern lag der mittlere Score mit 4,1 höher als bei den beidseitig betroffenen Kindern mit 3,2 (Tab.66, Abb.34). Der Unterschied war statistisch nicht signifikant (ANOVA-Test: $p=0,3480$).

ein/beidseitige Fehlstellung	Anzahl (n)	Summe Score	mittlerer Score
beide Füße betroffen	29	94	3,2
nur ein Fuß betroffen	7	29	4,1
GESAMT	36	123	3,4

Tabelle 66: Verbesserung des Gangbildes bei ein/beidseitiger Fehlstellung

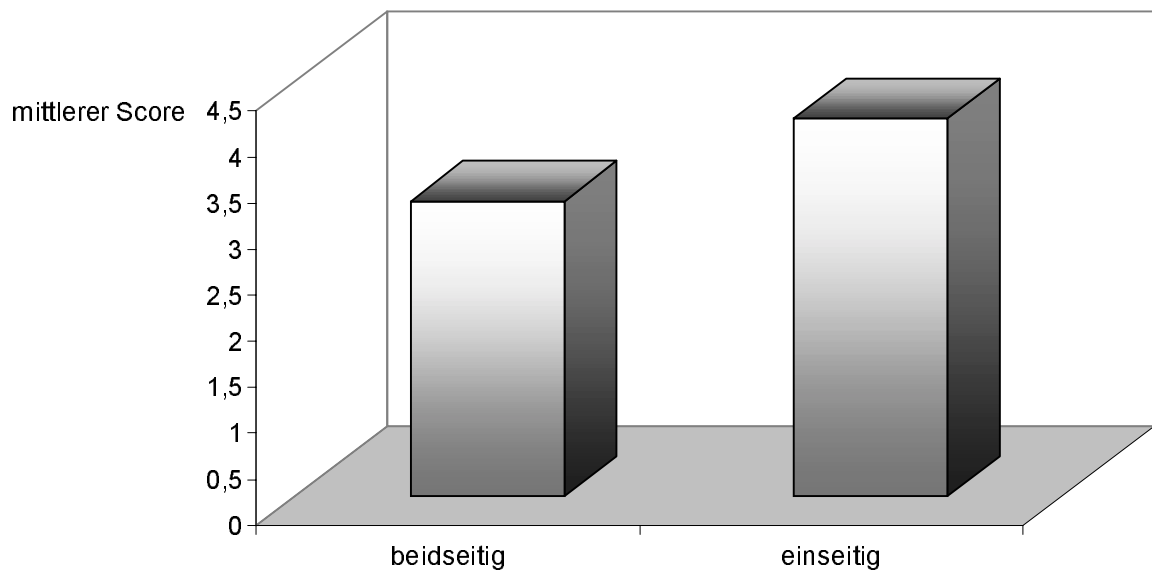


Abbildung 34: Verbesserung des Gangbildes bei ein/beidseitiger Fehlstellung

11.6.6 Therapieerfolg und Entwicklungsverzögerung

Die überwiegende Anzahl der Kinder war nicht oder kaum entwicklungsverzögert und hatte einen mittleren Score von 3,1. 4 Kinder waren mäßig retardiert, sie hatten einen mittleren Score von 5,5 (Tab.67). Der Unterschied war statistisch signifikant (ANOVA-Test: $p=0,0438$), eine Entwicklungsverzögerung korrelierte mit größerem Therapieerfolg. In der sprachlichen Entwicklung war nur ein Kind retardiert, bei 8 Kindern waren die Meilensteine den Eltern nicht mehr bekannt (Tab.68). Wir verzichteten deshalb auf eine statistische Analyse.

motorische Retardierung	Anzahl (n)	Summe Score	mittlerer Score
Gruppe I (Score 0-3)	31	96	3,1
Gruppe II (Score 4-6)	4	22	5,5
Gruppe III (Score 7-9)	0		
GESAMT	35	118	3,4

Tabelle 67: Verbesserung des Gangbildes bei motorischer Retardierung

sprachliche Retardierung	Anzahl (n)	Summe Score	mittlerer Score
Gruppe I (Score 0-3)	27	97	3,6
Gruppe II (Score 4-6)	1	6	6,0
Gruppe III (Score 7-9)	0		
GESAMT	28	103	3,7

Tabelle 68: Verbesserung des Gangbilds bei sprachlicher Retardierung

11.6.7 Therapieerfolg und Behandlungsdauer

In dieser Patientengruppe ergab sich kein Zusammenhang zwischen Therapieerfolg und Behandlungsdauer (ANOVA-Test $p=0,9098$). Die bis zu 6 Monate behandelten Kinder hatten einen Score von 3,0, bei bis zu einjähriger Therapiedauer betrug er 3,7, bei bis zu 2 Jahren 3,3 und bei über 2 Jahren 3,2 (Tab.69, Abb.35).

Behandlungsdauer	Anzahl (n)	Summe Score	mittlerer Score
bis 6 Monate	6	18	3
bis 1 Jahr	15	56	3,7
bis 2 Jahre	10	33	3,3
länger als 2 Jahre	5	16	3,2
GESAMT	36	123	3,4

Tabelle 69: Verbesserung des Gangbilds nach Behandlungsdauer

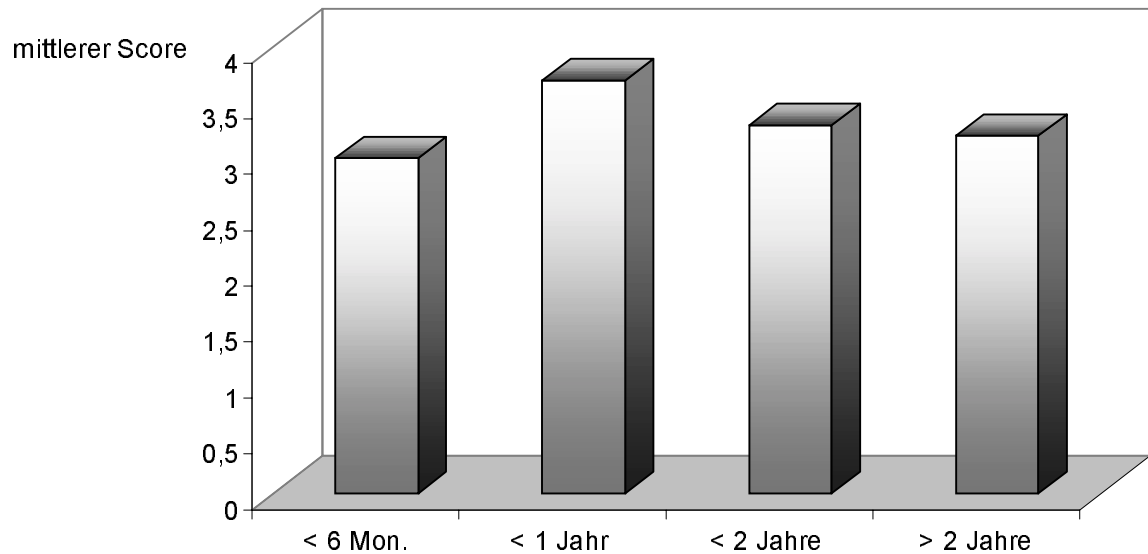


Abbildung 35: Verbesserung des Gangbilds nach Behandlungsdauer

11.6.8 Therapieerfolg und Tragen der Einlagen

Bei der Hälfte der erfolgreich behandelten Kinder blieb die Verbesserung des Gangs auch dann bestehen, wenn sie die Einlagen nicht trugen, die andere Hälfte hatte eine dauerhafte Stimulation nötig (Tab.70, Abb.36).

Tragen der Einlagen	Anzahl (n)	Prozent
Verbesserung nur mit Einlagen	16	50%
Verbesserung auch ohne Einlagen	16	50%
SUMME	32	100%

Tabelle 70: Verbesserung des Gangbildes mit/ohne Einlagen

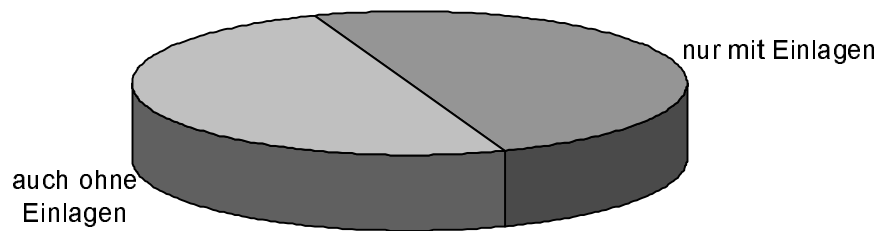


Abbildung 36: Verbesserung des Gangbildes mit/ohne Einlagen

11.6.9 Therapieerfolg und Krankengymnastik

Diejenigen Kinder, die zusätzlich krankengymnastisch behandelt wurden, hatten zu 87% ein verbessertes Gangbild, die Kinder ohne Physiotherapie zu 81% (Tab.71). Der Unterschied war nicht signifikant (Chi-Quadrat-Test: $p=0,7199$).

Krankengymnastik	Anzahl (n)	gebessert	Prozent
zusätzlich	15	13	86,7%
keine	21	17	81,0%
GESAMT	36	30	83,3%

Tabelle 71: Verbesserung des Gangbildes mit/ohne Krankengymnastik

11.6.10 Nachlassen der Wirkung

Bei 65,6% der Patienten blieb die Wirkung der Einlagen konstant. In 34,4% bemerkten die Eltern einen Wirkungsverlust, meist (31,3%) wurden dann neue Einlagen angepasst. Bei 1 Kind (3,1%) blieb der Effekt trotzdem vorübergehend. (Tab.72).

Wirkungsnachlass	Anzahl (n)	Prozent
Wirkung ließ nicht nach	21	65,6%
Wirkungsnachlass, keine neuen Einlagen	1	3,1%
Wirkungsnachlass, neue Einlagen	10	31,3%
SUMME	32	100%

Tabelle 72: Wirkungsnachlass der Einlagen

11.6.11 Therapieabbruch

Bei 4 Kindern (11,1%) wurde die Therapie abgebrochen. In 3 Fällen war der fehlende Erfolg der Grund, in 1 Fall war keine Ursache zu erfahren (Tab.73).

Gründe für Therapieabbruch	Anzahl (n)	Prozent
kein Erfolg	3	8,3%
unbekannt	1	2,8%
kein Therapieabbruch	32	88,9%
SUMME	36	100%

Tabelle 73: Gründe für einen Therapieabbruch

11.6.12 Akzeptanz der Einlagen

47,2% der Kinder trugen die Einlagen gern, 44,4% empfanden sie weder als angenehm noch als unangenehm, 8,3% trugen sie ungern. Kein Kind lehnte die Einlagen ab (Tab. 74, Abb. 37). Insgesamt tolerierten damit 91,7% der Kinder die Einlagen gut.

Akzeptanz der Einlagen	Anzahl (n)	Prozent
trägt die Einlagen gern	17	47,2%
trägt sie weder gern noch ungern	16	44,5%
trägt sie ungern	3	8,3%
lehnt sie ab	0	0%
SUMME	36	100%

Tabelle 74: Akzeptanz der Einlagen

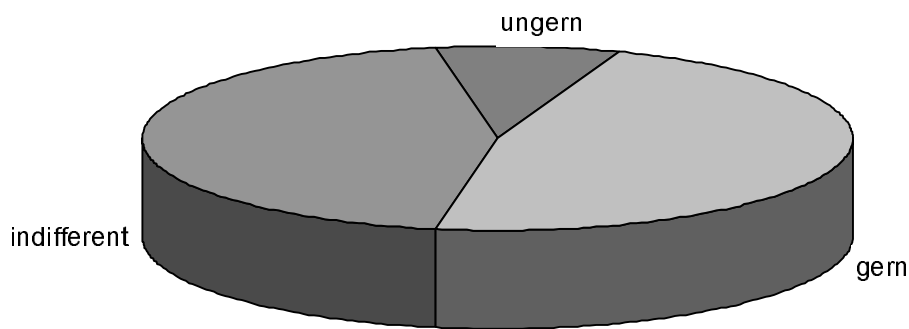


Abbildung 37: Akzeptanz der Einlagen

11.7 Vergleichende Darstellung der Patientengruppen

Eine Verbesserung des Gangbildes war beim habituellen Zehengang mit 100% am häufigsten, es folgen die anderen Fehlstellungen mit 88,9% und die Kinder mit Zerebralparese mit 81,4%. Ähnliches gilt für den Zehengang: er wurde bei 100% der idiopathischen Zehengängern verbessert, bei Patienten mit Zerebralparese zu 60% (Abb.38 und 39).

Bei der Mehrheit der habituellen Zehengänger (75%) blieb der Erfolg meist auch bestehen, wenn sie die Einlagen nicht trugen, zerebralparetische Patienten waren häufig (61,4%) auf eine dauerhafte Stimulation angewiesen (Abb.40 und 41).

Die Toleranz der Einlagen war in der Gruppe der anderen Fehlstellungen am höchsten (91,6%), bei den habituellen Zehengängern tolerierten 87,5% die Einlagen gut, bei Zerebralparese 78,6%.

Die wichtigsten Ergebnisse sind in einer vergleichenden Übersicht (Tab.75) zusammenfasst.

	Zerebralparese	habitueeller Zehengang	andere Fehlstellungen
Anzahl der Patienten	70	8	36
Verbesserung des Gangbilds	81,4%	100%	88,9%
- dauerhaft	75,7%	75%	86,1%
- vorübergehend	5,7%	25%	2,8%
Verbesserung des Zehengangs	60%	100%	-
Verbesserung des Gangbilds (Score)	2,7	2,9	3,4
bleibender Effekt ohne Einlagen	38,6%	75%	50%
Wirkungsverlust	50,9%	25%	34,4%
Therapieabbruch	17%	25%	11,1%
Gute Toleranz der Einlagen	78,6%	87,5%	91,6%

Tabelle 75: Therapieerfolg in den verschiedenen Patientengruppen

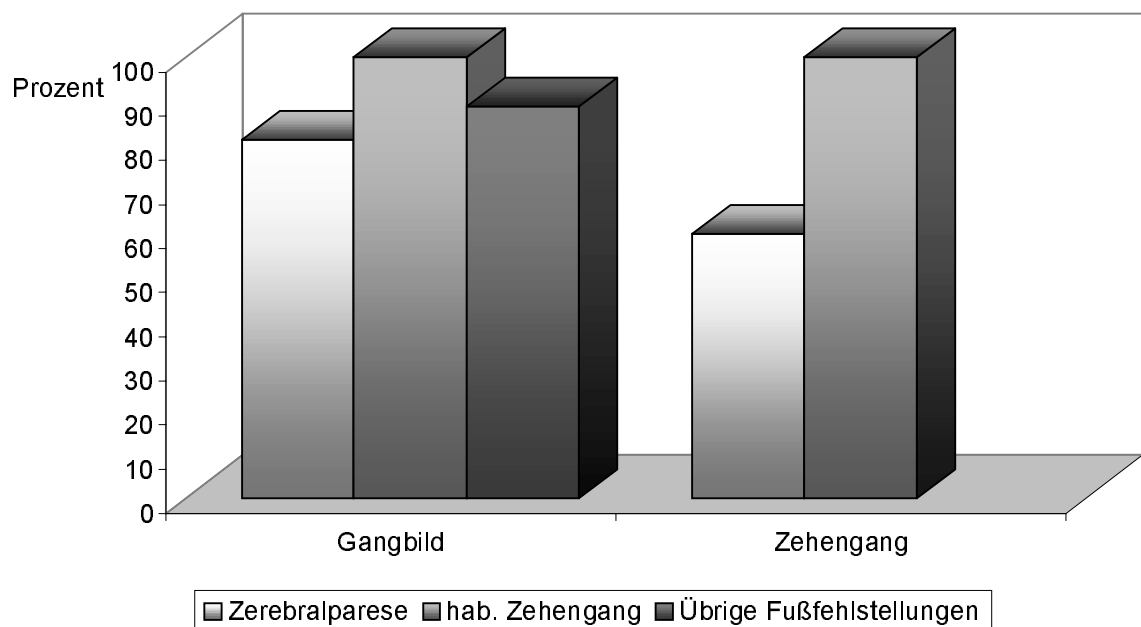


Abbildung 38: Verbesserung von Gangbild und Zehengang bei den verschiedenen Störungen im Vergleich

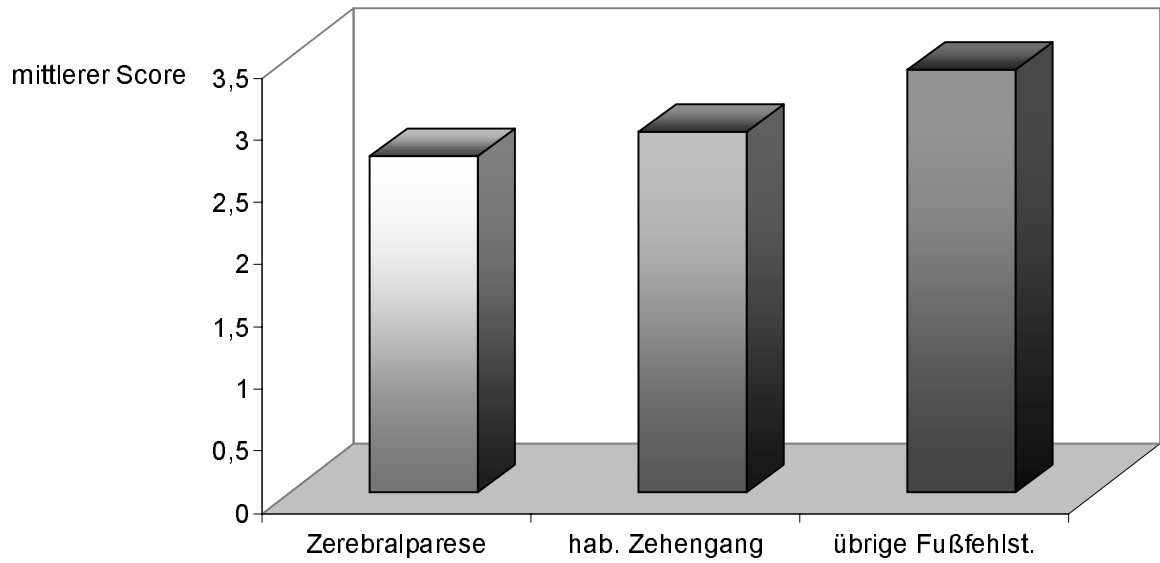


Abbildung 39: Verbesserung des Gangbildes bei den verschiedenen Störungen im Vergleich

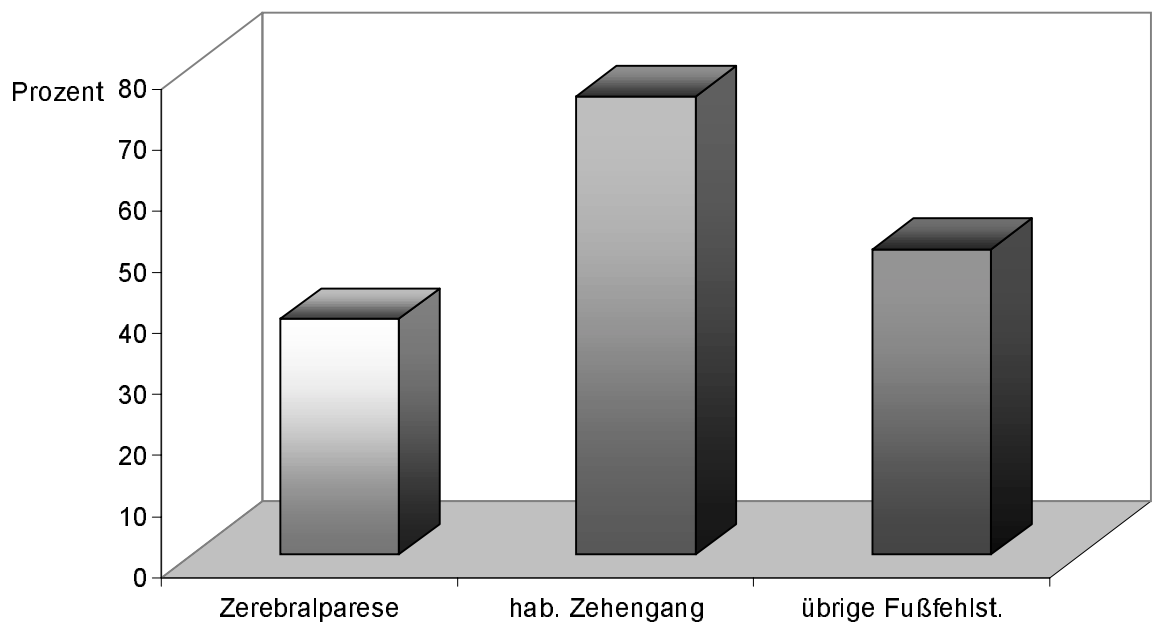


Abbildung 40: bleibender Effekt ohne Einlagen bei den verschiedenen Störungen im Vergleich

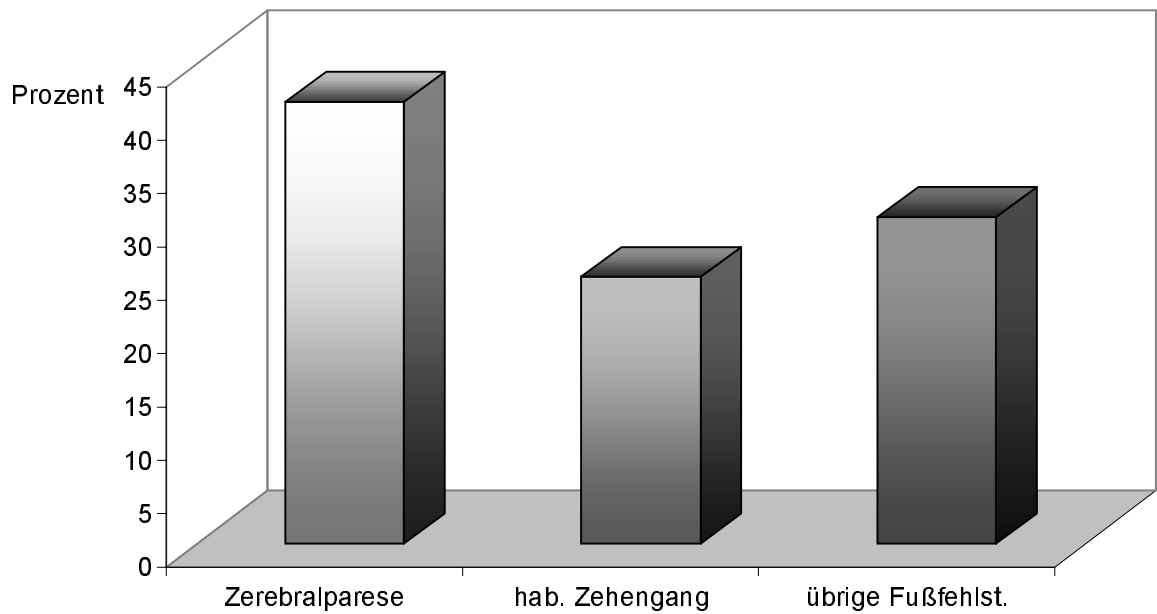


Abbildung 41: Wirkungsnachlass bei den verschiedenen Störungen im Vergleich

11.8 Nicht in die Auswertung einbezogenen Daten

Nicht in die Wertung einbezogen wurden die Daten von insgesamt 7 Kindern: bei einem erfolgte eine zeitgleiche Operation der Füße, die anderen konnten nicht gehen, ein Therapiefortschritt war nach unseren Kriterien daher nicht zu beurteilen (siehe Tab. 29).

Im Rahmen der Fragen nach den Veränderungen des Gangbildes durch die Einlagen im Einzelnen erfassten wir auch eine verminderte Pronation bzw. Supination des Fußes. Dies war aufgrund nur sporadischer Angaben jedoch nicht auszuwerten.

12 Diskussion: Therapie mit propriozeptiven Einlagen

12.1 Häufigkeit der verschiedenen Fehlstellungen

Hauptzielgruppe bei der Behandlung mit sensomotorischen Einlagen waren Kinder mit infantiler Zerebralparese (70 Kinder). 8 Kinder wurden wegen habituellen Zehengangs behandelt. Wie oben dargelegt, kommen für beide Formen des Zehengangs zahlreiche andere Behandlungsmethoden (Achillessehnenverlängerung, Orthesen, Gipsschienen) in Betracht. Da sensomotorische Einlagen neben den statischen auch die biodynamischen Verhältnisse und die sensorische Informationsverarbeitung beeinflussen, werden sie im Gegensatz zu den oben genannten Therapien auch für zahlreiche andere Fehlstellungen des Fußes und des Achsenskeletts eingesetzt; weiterhin fanden sie auch bei einigen zentralnervösen Störungen (Dandy-Walker-Syndrom mit zerebellärer Ataxie) Anwendung.

12.2 Allgemeiner Therapieerfolg

Bei der überwiegenden Mehrzahl der Kinder (84,9%) konnte mit den Einlagen eine Verbesserung des Gangbildes erreicht werden, bei einigen (5,9%) war der Erfolg vorübergehend.

In der Literatur gibt es einige Hinweise dafür, dass beim Zehengang eine Berücksichtigung der Propriozeption therapeutisch sinnvoll ist.

Tachdijan & Minear [1958] und *Cooper et al.* [1995] fanden bei kindlicher Zerebralparese häufig den sensorischen Input, vor allem die Propriozeption, gestört. Diese wiederum ist eine wesentliche Voraussetzung für die motorische Funktion und Kontrolle. Dass eine Korrektur der Propriozeption bei infantiler Zerebralparese tatsächlich den Gang verbessern kann, belegte *Semenova* [1997], die mit einem modifizierten Raumzug eine Normalisierung des afferenten propriozeptiven Inputs und bei 70% der Patienten ein verbessertes Gangbild erreichte.

Auch bei nicht-spastischen Zehengängern mit geistiger Retardierung konnte ein verminderter somatosensorischer Input nachgewiesen werden [Montgomery & Gauger, 1978], eine Stimulation der Propriozeption verminderte den Zehengang.

Während bei diesen Autoren eine Stimulation der allgemeinen propriozeptiven Wahrnehmung im Vordergrund stand, stellten Kavounoudias et al. [1998] fest, dass auch über eine Stimulation der Mechanorezeptoren der Fußsohle eine Beeinflussung der Balance und der Körperhaltung möglich ist: durch mechanische Vibration erhöhten sie die propriozeptive Wahrnehmung in bestimmten Bereichen der Sohle und registrierten daraufhin regulierende Ausgleichsbewegungen des Körpers.

12.3 Akzeptanz der Einlagen und Gründe für einen Therapieabbruch

Eine wesentliche Voraussetzung für eine erfolgreiche Behandlung ist die Akzeptanz der Einlagen bei Eltern und Kindern.

Über 80% der Kinder tolerierten die Einlagen gut, zwischen 25% (habituelle Zehengänger) und 47% (andere Fehlstellungen) trugen sie gern. Eine Mutter stellte sogar fest, dass ihr Kind nach den Einlagen verlangte, weil es sich damit sicherer fühlte, eine andere bemerkte, dass ihr Kind sich wohler, stolz und weniger behindert fühlt.

In einzelnen Fällen wurde jedoch auch über Schmerzen und einschlafende Füße berichtet. Dies war neben nachlassendem oder fehlendem Therapieerfolg der Hauptgrund für einen Behandlungsabbruch. Bei einigen Kindern wurde die Therapie nicht weiter fortgeführt, weil es keine passenden Sommerschuhe für die Einlagen gab.

Deshalb werden nun in Modellprojekten Sandalen entwickelt, in denen die Einlagen getragen werden können.

Aus der Literatur liegen keine Daten zu Akzeptanz und Abbruchhäufigkeit der verschiedenen anderen Behandlungsmethoden des Zehengangs vor. Da beispielsweise Gipsschienen, Unterschenkel-Orthesen und operative Eingriffe eine größere Einschränkung der Bewegungsfreiheit und damit des persönlichen Wohlbefindens der Kinder bedeuten, ist davon auszugehen, dass hier ein großer Vorteil der propriozeptiven Orthesen liegt.

12.4 Therapieerfolg bei Zerebralparese

12.4.1 Allgemeiner Therapieerfolg und Korrelationen mit dem Schweregrad der Zerebralparese sowie selbständigem Gehen

Bei Kindern mit infantiler Zerebralparese wurde eine Verbesserung des Gangbildes in 81,4% erzielt, bei 5,7% war der Erfolg vorübergehend. Der Zehengang konnte bei 60% der Patienten vermindert werden, der Score lag bei 2,7.

Bei den von den Eltern aufgeführten zusätzlichen Veränderungen standen neben der Normalisierung der Fußstellung eine Verbesserung der Koordination, eine Lockerung der Muskulatur und erhöhte Standsicherheit im Vordergrund. Dies legt nahe, dass die Einlagen tatsächlich die gesamte Sensomotorik des Kindes beeinflussen.

Bei einigen Kindern wurden mit anderen Therapien im Vergleich zu den Einlagen größere Erfolge erzielt. Im Einzelnen wurden von den Eltern dabei Nachtlagerungsschienen, Gipsschienen, eine Achillessehnenverlängerung, Injektionen von Botulinumtoxin und Reittherapie angegeben.

Nach der Differenzierung der zerebralparetischen Kinder bezüglich des Schweregrads der Equinus-Deformität zeigte sich, dass das Ausmaß des Therapieerfolgs mit zunehmender Spitzfußstellung signifikant abnahm. Kinder, die selbständig gehen konnten, hatten dabei eine signifikant größere Erfolgsrate als diejenigen, die dabei auf Hilfe angewiesen waren.

Tachdijan & Minear [1958] fanden bei zerebralparetischen Kindern eine hohe Korrelation zwischen motorischer Behinderung und sensorischer Dysfunktion der Hand. *Cooper et al.* [1995] konstatierten bei hemiplegischen Kindern eine Korrelation zwischen abnormen somatosensorisch evozierten Potentialen und dem Grad der motorischen Beeinträchtigung der Hand. Wenn man davon ausgeht, dass bei der unteren Extremität ebenfalls motorisch schwerer geschädigte Kinder eine stärkere sensorische Dysfunktion aufweisen, könnte dies darauf hindeuten, dass bei diesen Kindern entsprechend der Theorie von *Vojta* die Etablierung neuer Koordinationsmuster schwieriger [*Vojta* 1981, S.104] und der Erfolg mit den propriozeptiven Einlagen geringer ist. *Michaelis & Niemann et al.* [1997] gehen davon aus, dass die motorischen Fähigkeiten des Menschen aus sensomotorischen seriellen Speichern abgerufen werden, die, wenn sie durch eine zerebrale Läsion in ihrer Strukturierung wesentlich beeinträchtigt

sind, nicht durch irgendeine Therapie wiederhergestellt oder von einer anderen Hirnregion übernommen werden könnten. Auch dies bietet eine Erklärung dafür, warum der Therapieerfolg bei zerebralparetischen Kindern generell geringer ist als in den anderen beiden Gruppen und unter den zerebralparetischen Kindern bei den schwerer betroffenen geringer als bei leichter Schädigung.

12.4.2 Korrelation des Therapieerfolgs mit der Ein - bzw. Beidseitigkeit der Fehlstellung, dem Alter bei Therapiebeginn und einer Entwicklungsverzögerung

Sowohl der Zehengang als auch das allgemeine Gangbild zeigten bei den zerebralparetischen Kindern eine deutlichere Besserung, wenn sie motorisch kaum oder nur mäßig entwicklungsverzögert waren, was sich jedoch statistisch nicht sicher belegen ließ. Bezüglich der sprachlichen Entwicklung konnten wir keinen Zusammenhang feststellen.

Largo et al. [1985] fanden die motorische Entwicklungsverzögerung bei Kindern mit schwerer Zerebralparese deutlicher ausgeprägt als bei denjenigen mit mäßiger oder geringer Zerebralparese. *Largo et al.* [1986] fanden bei zerebralparetischen Kindern auch eine verzögerte sprachliche Entwicklung.

Michaelis & Niemann [1997] stellten fest, dass entwicklungsneurologische Befunde das Korrelat morphologischer zerebraler Läsionen darstellen und sich deshalb zur prognostischen Beurteilung therapeutischer Maßnahmen bei Kindern mit angeborenen spastischen Paresen eignen.

Dies deckt sich mit unseren Ergebnissen und lässt sich mit der Theorie von *Vojta* [1981, S.104] in Einklang bringen, dass eine weitgehend normale Entwicklung mit einer höheren Plastizität des Zentralnervensystems einhergeht und die Aussichten auf einen Therapieerfolg vergrößert.

Dass diese Plastizität mit zunehmendem Alter abnimmt und sich pathologische Muster fixieren [*Vojta* 1981, S.7], lässt sich mit unserer - statistisch jedoch nicht belegbaren Feststellung - vereinbaren, dass es bei älteren Kindern seltener zu einer Verbesserung des Zehengangs kam.

Dieser Zusammenhang könnte seine Ursache aber auch darin haben, dass in jüngerem Alter der Spitzfuß häufig noch rein funktionell ist, sich mit der Zeit aber in einer Kontraktur der Achillessehne fixiert. [*Tachdijan* 1972, *Baumann* 1986, *Myklebust et al.* 1986].

Im gleichen Zusammenhang könnte die statistisch nicht zu belegende Beobachtung stehen, dass es bei einseitigem Zehengang häufiger zu einer Verbesserung kommt: in diesem Fall steht auf der kontralateralen Seite bereits ein intaktes Gangmuster zur Verfügung, das nach propriozeptiver Stimulation übernommen werden könnte.

12.4.3 Korrelation zwischen Therapieerfolg und Behandlungsdauer

Bei längerer Behandlungsdauer war eine Besserung des Zehengangs und des gesamten Gangbildes signifikant häufiger.

Dieses Ergebnis ist in verschiedener Hinsicht interpretierbar: es ist möglich, dass der Therapieerfolg von der Therapiedauer abhängt und das neue Gangmuster erst nach einiger Zeit des Übens und der Gewöhnung progredient zu einem flüssigen und effizienten Bewegungsmuster wird. Dazu kommt, dass in vielen Fällen die Therapie vermutlich nur über längere Zeit fortgeführt wurde, wenn ein positiver Effekt zu beobachten war. Familien, in denen die Einlagen länger getragen wurden, könnten außerdem eine höhere Compliance zeigen, was die Konsequenz der Behandlung, regelmäßige Nachkontrollen und begleitende Therapien wie z.B. Krankengymnastik betrifft.

Schließlich wäre es möglich, dass sich die Symptome der infantilen Zerebralparese im Laufe der Zeit spontan bessern. Dem stehen aber die Ergebnisse der longitudinalen Untersuchung von *Johnson et al.* [1997] gegenüber, nach denen sich die ambulatorischen Fähigkeiten bei spastischer Zerebralparese im Laufe der Zeit eher verschlechtern.

12.4.4 Korrelation zwischen Therapieerfolg und dem Tragen der Einlagen

Bei der Mehrzahl der zerebralparetischen Kinder (61,4%) hielt der Therapieerfolg nur an, so lange die Einlagen getragen wurden.

Nach *Vojta* [1981, S.54] fixieren sich bei Zerebralparese die stereotypen, abnormen Bewegungen im Lauf der Entwicklung. Wenn dann durch propriozeptive Reizung die zu einem physiologischen Bewegungsmuster fehlenden Reaktionen hervorgerufen werden sollen [*Vojta* 1981, S.144], muss dies durch ständige und langdauernde Reizung der Propriozeptoren erfolgen [*Vojta* 1981, S.94]. Dies würde in Übereinstimmung mit unseren Beobachtungen erklären, warum zerebralparetische Kinder meist eine

ständige Stimulation durch die Einlagen brauchen, um gegen die bereits erfolgte Fixation pathologischer Muster anzuarbeiten.

12.4.5 Korrelation zwischen Therapieerfolg und Krankengymnastik

Eine regelmäßige krankengymnastische Behandlung hatte bei den zerebralparetischen Kindern keinen Einfluss auf den Therapieerfolg.

Eine unterstützende krankengymnastische Behandlung ist wie bei den anderen Therapiemethoden aber in jedem Fall günstig, da so die neuen Bewegungsmuster eingeübt werden können und eine ständige Erfolgskontrolle möglich ist.

In einzelnen Fällen hatte die Krankengymnastik auch einen größeren Stellenwert als die Einlagen: ein Elternpaar bemerkte zum Beispiel, dass die Krankengymnastik bei ihrem Kind den größten Anteil am Therapieerfolg hatte und die sensomotorischen Einlagen nur unterstützend wirkten.

12.4.6 Nachlassen der Wirkung

Bei etwas mehr als der Hälfte der Kinder ließ der Therapieerfolg im Laufe der Zeit nach. Die Eltern wurden bereits beim Anpassen der Einlagen darauf hingewiesen, dass dies der Fall sein könne, wenn durch das Fußwachstum die Druckpunkte nicht mehr die exakte Position hätten. In den meisten Fällen wurden dann neue Einlagen angefertigt. In vier Fällen blieb der Erfolg trotzdem vorübergehend.

Auch bei den anderen Behandlungsmethoden wurde ein Rezidivieren der Spitzfußstellung bei spastischem Zehengang beschrieben [Selby 1988]:

Perry et al. [1993] berichteten über 17 Patienten, bei denen eine Behandlung mit Gipsschienen und Orthesen fehlschlug.

Corry et al. [1998] beobachteten nach dreimonatiger Behandlung mit Schienen in allen 20 Fällen ein Rezidiv.

Der Effekt einer Botulinumtoxin - Injektion ist von vornherein auf wenige Monate begrenzt [Dabney et al. 1997, Corry et al. 1998, Sutherland et al. 1999].

Nach einer Achillessehnenoperation liegen die Rezidivraten zwischen 12 und 22% [Sharrard & Bernstein 1972, Lee & Bleck 1980, Etyhre 1993, Rattey et al. 1993, Sala et al. 1997]. Dabei fanden sich Korrelationen mit einem jüngeren Operationsalter

[Sharrard&Bernstein 1972, Lee & Bleck 1980, Rattey et al. 1993] und mit dem Grad der präoperativen Wadenmuskel - Kontraktur [Sala et al. 1997].

12.5 Therapieerfolg bei habituellen Zehengängern

12.5.1 Allgemeiner Therapieerfolg und Korrelationen mit Ein -/ Beidseitigkeit der Fehlstellung

Bei habituellen Zehengängern konnte mit sensomotorischen Einlagen in allen Fällen der Zehengang gebessert werden, der mittlere Score lag bei 2,9. Bei zwei Kindern war der Therapieerfolg nur vorübergehend. Per definitionem waren alle habituellen Zehengänger normal entwickelt (siehe 1.2) und zeigten keine sonstigen Auffälligkeiten. Was das allgemeine Gangbild betrifft, war der Therapieerfolg bei einseitigem Zehengang tendenziell größer.

Bisher gibt es in der Literatur keine Daten dazu, ob sich bei habituellem Zehengang durch propriozeptive Stimulation eine Besserung erreichen lässt.

Bei mental retardierten Zehengängern konnte bereits der Erfolg einer vestibulären und propriozeptiven Stimulation nachgewiesen werden: *Montgomery & Gauger* [1978] erzielten direkt nach vestibulärer Stimulation (Trampolinspringen, Schaukeln in der Hängematte) bei 13 von 17 geistig retardierten Zehengängern vorübergehend einen plantigraden Gang. Sie folgerten daraus, dass eine vestibuläre Dysfunktion die zugrundeliegende primäre Störung beim Zehengang ist. Durch die Spitzfußstellung werden die Afferenzen von Gelenkrezeptoren und Muskelspindeln verstärkt und somit der sensomotorische Input erhöht. Die Autoren befürworten deshalb sensorisch wirksame Behandlungsmethoden, um die taktilen, propriozeptiven und vestibulären Funktionen zu normalisieren.

Nach den Ergebnissen von *Accardo et al.* [1989, 1992], die einen Zusammenhang zwischen Sprachstörung und Zehengang fanden, ist auch der habituelle Zehengang bei offensichtlich normal entwickelten Kindern Folge einer gestörten Modulation des sensorischen Inputs, der zu einem devianten motorischen Output führt [*Accardo & Whitman* 1989].

Demzufolge wäre in Übereinstimmung mit unseren Ergebnissen auch bei habituellem Zehengang eine propriozeptive Stimulation erfolgversprechend.

In der Literatur wurde eine Verbesserung des Zehengangs außerdem durch Übungen, Gipsschienen und Operation beschrieben (siehe 8.1). Vergleiche zwischen den einzelnen Therapiemethoden sind dabei nur schwer möglich, da Einschlusskriterien und Evaluation eines Therapieerfolgs sehr unterschiedlich waren und oft nicht ausreichend dokumentiert wurden [Sala et al. 1999]. Prospektive Studien und langfristige Ergebnisse fehlen [Stricker & Angulo 1998].

Hall et al. [1967] erreichten bei 20 Kindern durch eine Operation ein plantigrades Gangbild. Einige Jahre später liefen manche Kinder wieder intermittierend auf den Zehen.

Griffin et al. [1977] behandelten sechs habituelle Zehengänger mit einem Gipsverband in maximaler Dorsiflexion, anschließend mit krankengymnastischen Training. Damit normalisierte sich der Bewegungsumfang im oberen Sprunggelenk, das elektromyographische Muster und das Gangbild in allen Fällen.

Conrad & Bleck [1980] beobachteten bei zwei Kindern mit dynamischem ITW die Wirkung von wiederholtem akustischen Feedback. Nach drei Monaten zeigte sich bei beiden Kindern ein sichtbarer Fersenkontakt in Fußspuren und eine Erweiterung der Dorsiflexionsfähigkeit.

Katz & Mubarak [1984] therapierten acht Kinder mit einer individuellen Kombination von Gipsschienen und Dehnungsübungen. Alle Patienten entwickelten daraufhin einen normalen Fersen-Zehengang. Im zweijährigen Follow-up zeigten zwei Patienten noch intermittierend einen Zehengang.

Papariello & Skinner [1985] vermuteten nach der Behandlung von vier Kindern, dass bei habituellem Zehengang die Behandlung mit Gipsschienen mehr Erfolg verspricht als eine chirurgische Therapie.

Selby [1988] behandelte ein hypotones Kind mit Zehengang und Plantarflexions - Kontraktur mit progradient dorsiflektierten Unterschenkelschienen und Krankengymnastik. Nach 4 Monaten war ein Fersen-Zehengang und eine Verminderung der Kontraktur erreicht.

Stricker & Angulo [1998] prüften wie wir den Therapieerfolg anhand eines Fragebogens und der Zufriedenheit der Eltern. Sie fanden bei operierten Kindern zu 67% einen zufriedenstellenden Behandlungserfolg (gleichbedeutend mit "Kind läuft selten auf den Zehen"). Bei Therapie mit Gipsschienen, Ankle-foot-Orthesen oder Schuhen und Dehnungsübungen waren es nur rund 24%.

12.5.2 Korrelation zwischen Therapieerfolg und Behandlungsdauer

Es zeigte sich eine Tendenz zu einem größeren Therapieerfolg bei längerer Behandlungsdauer. Die möglichen Ursachen entsprechen denjenigen der zerebralparetischen Kinder (siehe 12.4.3).

12.5.3 Therapieerfolg und Tragen der Einlagen

Bei habituellen Zehengängern blieb der Gang meist (in 75%) auch gebessert, wenn die Kinder die Einlagen nicht trugen.

Da idiopathische Zehengänger über weitgehend intakte periphere und zentralnervöse Informationssysteme verfügen, müssten sie nach der Theorie von *Vojta* ein neues Bewegungsmuster dauerhaft integrieren können, ohne auf permanente Stimulation angewiesen zu sein [*Vojta* 1981, S.104].

12.5.4 Korrelation zwischen Therapieerfolg und Krankengymnastik

Bei den habituellen Zehengängern war die Verbesserung des allgemeinen Gangbildes größer, wenn die Kinder zusätzlich krankengymnastisch behandelt wurden. Dies unterstützt die in 12.4.5. dargelegten Argumente, dass eine zusätzliche Physiotherapie in jedem Fall ratsam ist.

12.5.5 Nachlassen der Wirkung

Bei zwei Kindern (25%) ließ der Effekt nach, bei einem der Kinder blieb der Erfolg trotz neuer Einlagen vorübergehend.

In Zusammenhang mit der Tatsache, dass meist der Therapieerfolg auch bestehen blieb, wenn die Kinder die Einlagen nicht trugen, kann hier vermutet werden, dass das neue Bewegungsmuster bereits frühzeitig fest übernommen wurde und deshalb eine verminderte Stimulation wenig negative Auswirkungen hatte.

Auch bei den anderen bisher eingesetzten Therapiemethoden des ITW trat in einigen Fällen später wieder ein - meist intermittierender - Zehengang auf [*Stricker & Angulo* 1998]:

Hall et al. [1967] stellten drei Jahre nach Achillessehnenverlängerung bei manchen Kindern wieder einen intermittierenden Zehengang fest.

Bei 25% der von *Katz & Mubarak* [1984] mit Gipsschienen und Dehnungsübungen behandelten Kinder war im zweijährigen Follow-up ein intermittierender Zehengang zu beobachten.

Papariello & Skinner [1985] berichteten von einem Mädchen, bei dem sechs Monate nach Behandlung mit Gipsschienen der Zehengang wieder auftrat; nach einer weiteren Serie erreichte sie einen bleibenden Fersen-Zehengang.

12.6 Therapieerfolg bei anderen Fußfehlstellungen

Bei 86% der Kinder hatte sich das Gangbild gebessert. Bei über einem Drittel (34,4%) ließ der Therapieerfolg mit der Zeit nach, bei einem Kind wurde trotz des Anpassens neuer Einlagen der ursprüngliche Fortschritt nicht wieder erreicht.

Bei den zusätzlich zu den erfragten Veränderungen bemerkten Therapieeffekten wurden am häufigsten eine Verbesserung des Muskeltonus und der Koordination sowie eine Kräftigung der Muskulatur und eine Normalisierung der ursprünglichen Fehlstellung genannt.

In der Hälfte der Fälle blieb der Therapieerfolg auch dann bestehen, wenn die Einlagen nicht getragen wurden.

Es zeigte sich eine Tendenz zu einem größeren Therapieerfolg, wenn die Störung nur einseitig vorhanden war, auch bei gleichzeitiger physiotherapeutischer Behandlung. In dieser Gruppe ergab sich kein Zusammenhang zwischen Therapieerfolg und Alter oder Behandlungsdauer.

Damit scheinen die sensomotorischen Einlagen auch bei anderen statischen und dynamischen Fehlstellungen indiziert zu sein. Nach *Vojta* [1981, S.69] sind vor allem zerebrale Schäden dafür verantwortlich, dass sich abnorme Haltungen und Bewegungsmuster im Laufe der Zeit fixieren [*Vojta*, 1981, S.69]. Bei den Kindern dieser Gruppe besteht aber vorwiegend eine isolierte Problematik des Fußes bei intakten neuronalen und sensomotorischen Strukturen. Demzufolge ist häufig eine dauerhafte Installation neuer Wahrnehmungs- und Bewegungsmuster möglich, die auch unabhängig vom Alter des Kindes erzielt werden kann.

Warum bei den Kindern dieser Gruppe die Erfolgsrate bei den motorisch und sprachlich mäßig entwicklungsverzögerten Kinder höher lag als bei den normal entwickelten, ist bisher unklar.

Es bliebe abzuwarten, ob sich diese Tendenzen auch bei größeren Fallzahlen bestätigt. Da es bei den "anderen Fehlstellungen" um eine sehr heterogen zusammengesetzte Gruppe handelt, sind der Interpretation der Ergebnisse enge Grenzen gesetzt. Auch in der Literatur finden sich keine Daten zur propriozeptiven Stimulation bei den hier behandelten Fußfehlstellungen.

12.7 Vergleichende Darstellung der Patientengruppen

Insgesamt war der Therapieerfolg in der Gruppe der habituellen Zehengänger mit 100% am höchsten, es folgen die übrigen Fußfehlstellungen mit 88,9% und die zerebralparetischen Kinder mit 81,4%.

Diese Verteilung entspricht den nach dem Konzept von *Vojta* zu erwartenden Erfolgen: bei den zerebralparetischen Kindern kann ein Behandlungserfolg dadurch erschwert sein, dass sich pathologische Bewegungsmuster fixiert haben und die zerebrale Schädigung den Zugriff auf physiologische Bewegungsschemata erschwert [Vojta 1981, S.7, 54, 69]. Bei den habituellen Zehengängern, die per definitionem neurologisch unauffällig sind, müsste demzufolge das Erlernen neuer Bewegungsmuster leichter möglich sein. Die Gruppe der übrigen Fußfehlstellungen setzte sich aus neurologisch unauffälligen und auffälligen Kindern zusammen, sie lag in ihrer Erfolgsquote zwischen den zuvor genannten Gruppen.

Diese Ergebnisse bestätigten sich in der Häufigkeit, mit der spezifisch der Zehengang verbessert wurde: mit 60% lag diese bei zerebralparetischen Kindern deutlich niedriger als bei habituellen Zehengängern mit 100%.

Auch der Score der verbesserten Einzelfaktoren lag bei habituellen Zehengängern (2,9) höher als beim spastischen Zehengang (2,7). Am höchsten war er jedoch bei den übrigen Fehlstellungen (3,4).

Bei nur 38,6% der zerebralparetischen Kinder blieb der Effekt bestehen, wenn die Kinder die Einlagen nicht trugen, bei den habituellen Zehengängern waren es 75%, bei den anderen Fußfehlstellungen 50%. Dieses Ergebnis deckt sich mit den oben genannten Beobachtungen: bei intakten neurologischen Informationssystemen ist nicht nur das Erlernen neuer Bewegungsmuster leichter möglich, diese können auch schneller und besser dauerhaft übernommen werden, ohne eine ständige Stimulation zu benötigen. Dafür spricht ebenfalls, dass sich nur bei den zerebralparetischen Zehengängern die Therapiedauer signifikant auf den Erfolg auswirkte. Auch die Häufig-

keit eines Wirkungsverlustes lässt sich in diesem Zusammenhang interpretieren: er lag bei spastischen Zehengängern bei 41,4%, bei habituellen Zehengängern bei 25% und bei den übrigen Fehlstellungen bei 30,6%. Wenn man davon ausgeht, dass dieser Wirkungsverlust vor allem auftritt, wenn die Stimulationspunkte durch das Fußwachstum nicht mehr exakt wirken können, ist folgerichtig, dass sich dies bei idiopathischen Zehengang nicht so deutlich auswirkte wie bei zerebralparetischen Kindern, da erstere das Bewegungsmuster frühzeitig integrieren konnten, die zerebralparetischen Kinder aber meist auf dauerhafte Stimulation angewiesen waren.

13 Zusammenfassung: Therapieerfolg mit propriozeptiven Einlagen

Im zweiten Teil der vorliegenden Arbeit überprüften wir, ob sich mit sensomotorisch wirksamen Einlagen bei Kindern mit zerebralparetischem Spitzfuß und habituellem Zehengang eine Verbesserung des Gangbildes erreichen lässt. Die Orthesen wurden auf der Basis des Gedankengutes von *Vojta* entwickelt: Ziel ist es, über eine propriozeptive Stimulation spezifischer Bereiche der Fußsohle das Erwerben neuer motorischer Muster zu ermöglichen.

Für alle 1996 und 1997 von dem orthopädischen Schuhtechniker Jahrling in Gießen mit diesen Einlagen behandelten Kinder wurde der Behandlungserfolg retrospektiv anhand eines Fragebogens ermittelt. Dies führte zu folgenden Ergebnissen:

- Insgesamt wurden 119 Patienten mit sensomotorischen Einlagen behandelt. 70 Kinder hatten eine Zerebralparese, 8 waren habituelle Zehengänger und 36 hatten andere Fußfehlstellungen. 5 weitere Kinder hatten neurologische oder orthopädische Störungen.
- Eine dauerhafte Verbesserung des Gangbildes wurde bei insgesamt 79% der Patienten erreicht. Bei weiteren 5,9% war eine vorübergehende Verbesserung zu beobachten.
- 79,8% der Kinder tolerierten die Einlagen gut.
- Gründe für einen Therapieabbruch waren mangelnder oder nachlassender Therapieerfolg, Schmerzen in den Füßen und das Fehlen passender Sommerschuhe.

Therapieerfolg bei infantiler Zerebralparese

- Das Gangbild verbesserte sich in 81,4%. Der Zehengang wurde in 60% vermindert, im Durchschnitt waren 2,7 von 7 erfragten Einzelfaktoren des Gangbildes verbessert.
- Der Therapieerfolg korrelierte negativ mit dem Schweregrad der Funktionsstörung.
- Bei selbständig laufenden Kindern verbesserten sich Zehengang und Gangbild signifikant häufiger. Ähnliche Tendenzen für Kinder mit geringerer motorischer Retardierung und einseitiger Fehlstellung ließen sich statistisch nicht sichern.

- Die Behandlungsdauer korrelierte mit dem Behandlungserfolg. Zehengang verbesserte sich tendenziell häufiger, je früher die Therapie begonnen wurde.
- Eine krankengymnastische Behandlung hatte keinen Einfluss auf den Erfolg.
- Bei 61,4% der Kinder hielt der Effekt nur an, so lange die Einlagen getragen wurden.
- Bei 50,9% der Kinder ließ die Wirkung mit der Zeit nach. Bei 45,6% wurden dann neue Einlagen angepasst, bei 5,7% blieb der Effekt trotzdem vorübergehend.

Therapieerfolg bei habituellem Zehengang

- Gangbild und Zehengang besserten sich bei 100% der Kinder, im Durchschnitt waren 2,9 von 7 erfragten Einzelfaktoren des Gangbildes verbessert. Alle Kinder liefen selbständig und hatten eine normale Entwicklung.
- Tendenziell war der Effekt bei einseitigem Zehengang, längerer Behandlungsdauer und zusätzlicher Physiotherapie größer.
- Bei 75% der Kinder hielt der Effekt an, wenn die Einlagen nicht getragen wurden.
- Bei 25% der Kinder ließ die Wirkung mit der Zeit nach. Bei 12,5% wurden neue Einlagen angepasst, der Effekt blieb trotzdem vorübergehend.

Therapieerfolg bei anderen Fußfehlstellungen

- Das Gangbild verbesserte sich in 88,9%, im Durchschnitt waren 3,4 von 7 erfragten Einzelfaktoren verbessert.
- Tendenziell war der Erfolg bei den Kinder größer, die selbständig laufen konnten und nur einseitig betroffen waren. Dies ließ sich jedoch statistisch nicht sichern.
- Bei mäßiger motorischer Retardierung war der Effekt signifikant größer als ohne Retardierung.
- Der Therapieerfolg korrelierte nicht mit Behandlungsdauer, Behandlungsbeginn und zusätzlicher Physiotherapie.
- Bei 50% der Kinder hielt der Effekt an, wenn die Einlagen nicht getragen wurden.
- Bei 34,4% der Kinder ließ die Wirkung mit der Zeit nach. Bei 31,3% wurden neue Einlagen angepasst, in 3,1% blieb der Effekt trotzdem vorübergehend.

14 Schlussfolgerung zum Therapieerfolg mit propriozeptiven Einlagen

Mit sensomotorisch wirksamen Einlagen lässt sich nach unseren Ergebnissen sowohl zerebralparetischer als auch habitueller Zehengang erfolgreich behandeln. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung deuten darauf hin, dass die Wirkung propriozeptiver Einlagen umso größer ist, je intakter die neuronalen Informationssysteme sind. Bei Kindern ohne oder mit geringen neurologischen Auffälligkeiten kam es zu einem deutlicheren Therapieerfolg, bei ihnen kann frühzeitig mit einer dauerhaften Integration der neuen Bewegungsmuster und damit einer dauerhaften Verbesserung des Gangbildes gerechnet werden, wohingegen neurologisch beeinträchtigte Kinder eine permanente propriozeptive Stimulation benötigen. Neben dem Gangbild können durch die Einlagen aufgrund des erhöhten propriozeptiven Inputs Koordination und Muskeltonus positiv beeinflusst werden.

Da die Orthesen von der überwiegenden Zahl der Kinder gut toleriert wurden, ist eine gute Compliance der Behandlung zu erwarten.

Vor allem für habituellen Zehengang und leichtere Formen der Zerebralparese stellen die sensomotorischen Einlagen damit eine Alternative zu den bekannten Behandlungsverfahren dar. Bei schweren Formen der Zerebralparese und unzureichender Wirkung ist eine Kombination mit anderen Therapieformen in Erwägung zu ziehen. Weiterhin zeigt die vorliegende Untersuchung, dass sich auch bei anderen Fußfehlstellungen, beispielsweise dem Plattfuß, deutliche Verbesserungen erzielen lassen.

15 Ausblick zur Therapieevaluation

Um die Therapie mit sensomotorischen Einlagen weiter optimieren zu können, sollten die Ergebnisse der vorliegenden Studie anhand prospektiver Untersuchungen und größerer Patientenzahlen überprüft und gesichert werden. Vor allem die Anzahl der habituellen Zehengänger war zu klein, um eindeutige und statistisch belegbare Resultate zu liefern.

Im Rahmen prospektiver Studien könnte der Therapieerfolg objektiviert werden, indem wiederholte Messungen des Bewegungsumfanges im Sprunggelenk vorgenommen werden. Um funktionelle Veränderungen zu erfassen, entwickelten beispielsweise *Grant et al.* [1996] eine einfache und kostengünstige Technik, bei der mit Drucksensoren im Fersenbereich der Orthesen die Anzahl der Fersenkontakte beim Gehen gemessen wird.

Zur Beurteilung von Veränderungen des gesamten Gangbildes und der Koordination könnten auch computergestützte Ganganalysen genauere Daten liefern. Für unsere Untersuchung konnten diese Methoden wegen des hohen technischen Aufwandes leider nicht eingesetzt werden.

16 Literatur

1. **Abel MF**, Juhl GA, Vaughan CL, Damiano DL:
Gait assessment of fixed ankle-foot orthoses in children with spastic diplegia.
Arch Phys Med Rehabil 79, 126-133, 1998
2. **Accardo P**, Morrow J, Heaney MS, Whitman B, Tomazic T:
Toe walking and language development.
Clin Pediatr 31, 158-160, 1992
3. **Accardo P**, Whitman B:
Toe walking. A marker for language disorders in the developmentally disabled.
Clin Pediatr 28, 347-350, 1989
4. **Banks HH**:
Equinus and cerebral palsy - its management.
Foot Ankle 4, 149-159, 1983
5. **Banzhaf H**:
Die prä-, peri- und postnatale Optimalität von Frühgeborenen mit einem Geburtsgewicht von 501-1000 Gramm.
Med. Dissertation, Universität Tübingen, 1990
6. **Barett RP**, Linn DM:
Treatment of stereotyped toe walking with overcorrection and physical therapy.
Appl Res Ment Retard 2, 13-21, 1981
7. **Baumann JU**:
Behandlung kindlicher spastischer Fußdeformitäten.
Orthopäde 15, 191-198, 1986
8. **Blockley NJ**:
Children's orthopedics – practical problems.
Butterworth, London, 1976
9. **Brown JK**, Rodda J, Walsh EG, Wright GW:
Neurophysiology of the lower limb function in hemiplegic children.
Dev Med Child Neurol 33, 1037-1047, 1991
10. **Buie WBB**:
Acute toe walking syndrome.
Med J Aust 2, 752, 1975
11. **Burnett CN**, Johnson EW:
Development of gait in childhood. Part I: Method.
Dev Med Child Neurol 13, 196-206, 1971

12. **Burnett CN**, Johnson EW:
Development of gait in childhood. Part II.
Dev Med Child Neurol 13, 207-215, 1971
13. **Carlson WE**, Vaughan CL, Damiano DL, Abel MF:
Orthotic management of gait in spastic diplegia.
Am J Phys Med Rehabil 76, 219-225, 1997
14. **Carmick J**:
Managing equinus in children with cerebral palsy: electric stimulation to strengthen the triceps surae muscle.
Dev Med Child Neurol 37, 965-975, 1995
15. **Caselli MA**, Rzonca EC, Lue BY:
Habitual toe walking: evaluation and approach to treatment.
Clin Podiatr Med Surg 5, 547-559, 1988
16. **Colbert EG**, Koegler RR:
Toe walking in childhood schizophrenia.
J Pediatr 53, 219-220, 1958
17. **Conrad L**, Bleck EE:
Augmented auditory feedback in the treatment of equinus gait in children.
Dev Med Child Neurol 22, 713-718, 1980
18. **Cooper J**, Majnemer A, Rosenblatt B, Birnbaum R:
The determination of sensory deficits in children with hemiplegic cerebral palsy.
J Child Neurol 10, 300-309, 1995
19. **Corry IS**, Cosgrove AP, Duffy CM, McNeill S, Taylor TC, Graham HK:
Botulinum toxin A compared with stretching casts in the treatment of spastic equinus: a randomized prospective trial.
J Pediatr Orthop 18, 304-311, 1998
20. **Crouchman M**:
The effects of babywalkers on early locomotor development.
Dev Med Child Neurol 28, 757-761, 1986
21. **Dabney KW**, Lipton GE, Miller F:
Cerebral palsy.
Curr Opin Pediatr 9, 81-88, 1997
22. **Daivids JR**, Foti T, Dabelstein J, Bagley A:
Voluntary (normal) versus obligatory (cerebral palsy) toe walking in children: a kinematic, kinetic and electromyographic analysis.
J Pediatr Orthop 19, 461-469, 1999
23. **Doute DA**, Sponseller PD, Tolo VT, Atkins E, Silberstein CE:
Soleus neurectomy for dynamic ankle equinus in children with cerebral palsy.
Am J Orthop 26, 613-616, 1997

24. **Eastwood DM**, Dennett X, Shield LK, Dickens DR:
Muscle abnormalities in idiopathic toe walkers.
J Pediatr Orthop B 6, 215-218, 1997
25. **Etynre B**, Chambers CS, Scarborough NH, Cain TE:
Preoperative and postoperative assessment of surgical intervention for equinus gait in children with cerebral palsy.
J Pediatr Orthop 13, 24-31, 1993
26. **Furrer F**, Deonna T:
Persistent toe walking in children. A comprehensive clinical study of 28 cases.
Helv Paediatr Acta 37, 301-316, 1982
27. **Gardner-Medwin D**, Johnston HM:
Severe muscular dystrophy in girls.
J Neurol Sci 64, 79-87, 1984
28. **Gherpelli JLD**, Nagae LM, Diamant A:
Dopa-sensitive progressive dystonia of childhood with diurnal fluctuation of symptoms.
Arq Neuropsychiatr 53, 298-301, 1995
29. **Grant AD**, Sala DA, Kummer FJ, Kiriakatis A:
A simple technique for assessing heel contact in orthoses.
J Pediatr Orthop 16, 385-387, 1996
30. **Green M**:
Pediatric Diagnosis.
WB Saunders, Philadelphia, 1980
31. **Griffin PP**, Wheelhouse WW, Shiavi R, Bass W:
Habitual toe walkers. A clinical and electromyographic gait analysis.
J Bone Joint Surg A 59, 97-101, 1977
32. **Hall LE**, Salter RB, Bhalla SK:
Congenital short tendo calcaneus.
J Bone Joint Surg A 49, 695-697, 1967
33. **Hart H**, Bax M, Jenkins S:
The value of a developmental history.
Dev Med Child Neurol 20, 442-452, 1978
34. **Hicks R**, Durinick N, Gage JR:
Differentiation of idiopathic toe walking and cerebral palsy.
J Pediatr Orthop 8, 160-163, 1988
35. **Holm VA**, Harthun-Smith L, Tada WL:
Infant walkers and cerebral palsy.
Am J Dis Child 137, 1189-1190, 1983

36. **Hullin MG**, Robb JE, Loudon IR:
Gait patterns in children with hemiplegic spastic cerebral palsy.
J Pediatr Orthop B 5, 247-251, 1996
37. **Illingworth RS**:
Common symptoms of disease in children.
Blackwell Scientific Publications, Oxford 1979
38. **Illingworth RS**:
The development of the infant and the young child - normal and abnormal.
Churchill Livingstone, Edinburgh London New York, 1975
39. **Jahrling L**:
Propriozeptive Einlagen.
Vortrag der 33. Jahrestagung der Frankfurter Bildungsgemeinschaft für Orthopädie-Schuhtechnik e.V., Mainz, 1999
40. **Johnson DC**, Damiano DL, Abel MF:
The evolution of gait in childhood and adolescent cerebral palsy.
J Pediatr Orthop 17, 392-396, 1997
41. **Kalen V**, Adler N, Bleck EE:
Electromyography of idiopathic toe walking.
J Pediatr Orthop 6, 31-33, 1986
42. **Katz MM**, Mubarak SC:
Hereditary tendo achillis contractures.
J Pediatr Orthop 4, 711-714, 1984
43. **Kauffman IB**, Ridenour M:
Influence of an infant walker on onset and quality of walking pattern of locomotion: an electromyographic investigation.
Percept Mot Skills 45, 1323-1329, 1977
44. **Kavounoudias A**, Roll R, Roll JP:
The plantar sole is a 'dynamometric map' for human balance control.
Neuroreport 9, 3247-3252, 1998
45. **Kelly IP**, Jenkinson A, Stephens M, O'Brien T:
The kinematic patterns of toe walkers.
J Pediatr Orthop 17, 478-480, 1997
46. **Largo RH**, Molinari L, Comenale Pinto L, Weber M, Duc G:
Language development of term and preterm children during the first five years of life.
Dev Med Child Neurol 28, 333-350, 1986

47. **Largo RH**, Molinari L, Weber M, Comenale Pinto L, Duc G:
Early development of locomotion: significance of prematurity, cerebral palsy and sex.
Dev Med Child Neurol 27, 183-191, 1985
48. **Lee L**, Bleck EE:
Surgical correction of equinus deformity in cerebral palsy.
Dev Med Child Neurol 22, 287-292, 1980
49. **Leonard CT**, Hirschfeld H, Forssberg H:
The development of independent walking in children with cerebral palsy.
Dev Med Child Neurol 33, 567-577, 1991
50. **Levine MS**:
Congenital short tendo calcaneus. Report of a family.
Am J Dis Child 125, 858-859, 1973
51. **Lin R**, Brown JK:
Peripheral and central mechanisms of hindfoot equinus in childhood hemiplegia.
Dev Med Child Neurol 34, 949-965, 1992
52. **Michaelis R**, Barner M, Asenbauer B:
Hierarchische oder individuelle Strategien der motorischen Entwicklung?
Vortrag 19. Jahrestagung der Gesellschaft für Neuropädiatrie, Dresden, 1993
53. **Michaelis R**, Erlewein R, Michaelis US:
Variabilität und Individualität in der motorischen Entwicklung.
Motorik, 19/1, 4-11, 1996
54. **Michaelis R**, Niemann G:
Therapeutische Zielsetzungen mit Hilfe bildgebender und entwicklungsneurologischer Untersuchungen.
Kinderärztliche Praxis 3, 148-157, 1997
55. **Montgomery P**, Gauger J:
Sensory dysfunction in children who toe walk.
Phys Ther 58, 1195-1204, 1978
56. **Myklebust BM**, Gottlieb GL, Agarwal GC:
Stretch reflexes of the normal infant.
Dev Med Child Neurol 28, 440-449, 1986
57. **Palisando R**, Rosenbaum P, Walter S, Russel D, Wood E, Galuppi B:
Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy.
Dev Med Child Neurol 39, 214-223, 1997
58. **Papariello SG**, Skinner SR:
Dynamic electromyography analysis of habitual toe walkers.

- J Pediatr Orthop 5, 171-175, 1985
59. **Perry J:**
Determinants of muscle function in the spastic lower extremity.
Clin Orthop, 288, 10-26, 1993
 60. **Perry J, Hoffer M, Giovan P, Antonelli D, Greenberg R:**
Gait analysis of the triceps surae in cerebral palsy.
J Bone Joint Surg 56 A, 511-520, 1974
 61. **Petajan JH:**
Sural nerve stimulation and motor control of tibialis anterior muscle in spastic paresis.
Neurology 37, 47-52, 1987
 62. **Prechtl HFR:**
Neurological findings in newborn infants after pre- and perinatal complications.
in: Jonxis JHP, Visser HKA, Troelstra JA: Aspects of prematurity and dysmaturity.
Stenfert Kroese, Leiden, 303-321, 1968
 63. **Radka SA, Skinner SR, Dixon DM, Johanson ME:**
A comparison of gait with solid, dynamic and no ankle-foot orthoses in children with spastic cerebral palsy.
Phys Ther 77, 395-409, 1997
 64. **Rattey TE, Leahey L, Hyndman J, Brown DC, Gross M:**
Recurrence after achilles tendon lengthening in cerebral palsy.
J Pediatr Orthop 13, 184-187, 1993
 65. **Rose J, Martin JG, Torburn L, Rinsky LA, Gamble JG:**
Electromyographic differentiation of diplegic cerebral palsy from idiopathic toe walking; involuntary coactivation of the quadriceps and gastrocnemius.
J Pediatr Orthop 19, 677-692, 1999
 66. **Rosenbaum PL, Russell DJ, Cadman DT, Gowland C, Jarvis S, Hardy S:**
Issues in measuring change in motor function in children with cerebral palsy: a special communication.
Phys Ther 70, 125-131, 1990
 67. **Rosenthal RK:**
The use of orthotics in foot and ankle problems in cerebral palsy.
Foot Ankle 4, 195-200, 1984
 68. **Sala DA, Grant AD, Kummer FJ:**
Equinus deformity in cerebral palsy: recurrence after tendo achillis lengthening.
Dev Med Child Neurol 39, 45-48, 1997
 69. **Sala DA, Shulman H, Kennedy RF, Grant AD, Lynn Y Chu M:**
Idiopathic toe walking: a review.

Dev Med Child Neurol 41, 846-848, 1999

70. **Selby L:**
Remediation of toe walking behaviour with neutral position, serial inhibitory casts. A case report.
Phys Ther 68, 1921-1923, 1988
71. **Semenova KA:**
Basis for a method of dynamic proprioceptive correction in the restorative treatment of patients with residual stage infantile cerebral palsy.
Neurosci Behav Physiol 27, 639-643, 1997
72. **Sharrard WJW, Bernstein S:**
Equinus deformity in cerebral palsy.
J Bone Joint Surg 54B, 272-276, 1972
73. **Shield LK:**
Toe walking and neuromuscular disease.
Arch Dis Child 59, 1003-1004, 1984
74. **Shulman LH, Sala DA, Chu ML, McCaul PR, Sandler BJ:**
Developmental implications of idiopathic toe walking.
J Pediatr 130, 541-546, 1997
75. **Simpkiss MJ, Raikes AS:**
Problems resulting from the excessive use of baby-walkers and baby-bouncers.
Lancet 1, 747, 1972
76. **Smith GA, Bowman MJ, Luria JW, Shields BJ:**
Babywalker related injuries continue despite warning labels and public education.
Pediatrics 100, E1, 1997
77. **Sobel E, Caselli MA, Velez Z:**
Effect of persistent toe walking on ankle equinus. Analysis of 60 idiopathic toe walkers.
J Am Podiatr Med Assoc 87, 17-22, 1997
78. **Statham L, Murray MP:**
Early walking patterns of normal children.
Clin Orthop 79, 8-24, 1971
79. **Stricker, SJ, Angulo JC:**
Idiopathic toe walking: a comparison of treatment methods.
J Pediatr Orthop 18, 289-293, 1998
80. **Sussman M, Cusick B:**
Preliminary report: the role of short-leg, tone reducing casts as an adjunct to physical therapy of patients with cerebral palsy.
The Johns Hopkins Medical Journal, 145, 112-114, 1979

81. **Sutherland DH**, Kaufman KR, Wyatt MP, Chambers HG, Mubarak SJ:
Double-blind study of botulinum A toxin injections into the gastrocnemius muscle in patients with cerebral palsy.
Gait posture 10, 1-9, 1999
82. **Sutherland DH**, Ohlsen R, Cooper L, Savio LYW:
The development of mature gait.
J Bone Joint Surg 62, 336-353, 1980
83. **Tachdijan MO**:
Pediatric Orthopedics.
Saunders, Philadelphia 1972
84. **Tachdijan MO**, Minear WL:
Sensory disturbances in the hands of children with cerebral palsy.
J Bone Joint Surg 40, 85-90, 1958
85. **Tardieu C**, Lespargot A, Tabary C, Bret MD:
Toe walking in children with cerebral palsy: contributions of contracture and excessive contraction of triceps surae muscle.
Phys Ther 68, 656-662, 1989
86. **Tax HR**:
Podopediatrics.
Williams and Wilkens, Baltimore 1985
87. **Thelen E**, Cooke DW:
Relationship between newborn stepping and later walking: a new interpretation.
Dev Med Child Neurol 29, 380-393, 1987
88. **Tidwell M**:
The child with tip-toe gait.
Int Pediatr 14, 235-238, 1999
89. **Vojta V**:
Die zerebralen Bewegungsstörungen im Säuglingsalter - Diagnose und Frühtherapie, 3. Auflage
Enke, Stuttgart, 1981
90. **Weber D**:
Toe walking in children with early childhood autism.
Acta Paedopsychiatr 43, 73-83, 1978
91. **Weller U**, Jorch G:
Aktuelle Perzentilenkurven für Körpergewicht, Körperlänge und Kopfumfang von Neugeborenen ab 25 Schwangerschaftswochen.
Monatsschr Kinderheilk 141, 665-669, 1993

92. **Westerberg B**, Hagne I, Sellden U:
Hereditary motor and sensory neuropathies in Swedish children. II. Neuronal-
axonal types.
Acta Paediatr Scand 72, 685-693, 1983
93. **Winters TF**, Gage JR, Hicks R:
Gait patterns in spastic hemiplegia in children and young adults.
J Bone Joint Surg 69A, 437-441, 1987.

17 Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
et al.	et aliena
BB	Butzbach
BL	Bauchlage
bzw.	beziehungsweise
CP	Zerebralparese
Dres	Doktores
EV	Entwicklungsverzögerung
HMSN	Hereditäre motorisch sensible Neuropathien
IQ	Intelligenzquotient
ITW	Idiopathic Toe Walkers
M.	Muskulus
m, männl	männlich
mittl.	mittlerer
Nr	Nummer
50 P, 90 P	50. bzw. 90. Perzentile
Pat.	Patient, Patientin
RL	Rückenlage
S.	Seite
SD	Standard Deviation
STC	Short Tendo Calcaneus
T	Tübingen
Tab.	Tabelle
vorüberg.	vorübergehend
w, weibl	weiblich
Z	Zürich
z.B.	zum Beispiel
zerebralparet.	zerebralparetisch, -er
ZG	Zehengang

Fragen zur Schwangerschaft

Fragen zur Neugeborenenzeit

31	Hatte Ihr Kind schwere Erkrankungen (z.B. Hirnhautentzündung, Blutvergiftung)?		
32	Hatte es Fehlbildungen?		
33	Hatte es ein Atemnotsyndrom?		
34	Hatte Ihr Kind eine Hirnblutung?		
35	Hatte es einen auffälligen Herzbefund?		
36	Bekam es Antibiotika?		
37	Bekam es eine Bluttransfusion?		
38	Bekam es einen Blutaustausch?		
39	Bekam es eine Fototherapie?		
40	Hatte es eine Operation?		

02 FRAGEN ZUR ENTWICKLUNG IHRES KINDES

Geben Sie bitte an, in welchem Alter Ihr Kind folgende Fähigkeiten sicher beherrschte (möglichst auf einen halben Monat genau). Wenn Ihr Kind etwas nicht kann oder gemacht hat, ziehen Sie bitte einen Strich:

- 01** es kann sich vom Rücken auf den Bauch drehen
- 02** es kann sich vom Bauch auf den Rücken drehen
- 03** es kann frei sitzen
- 04** es kann kriechen und robben (der Bauch berührt dabei den Boden)
- 05** es kann krabbeln (der Bauch berührt den Boden nicht)
- 06** es kann sich hochziehen zum Stehen
- 07** es kann mit Festhalten stehen
- 08** es kann mit Festhalten gehen
- 09** es kann frei gehen
- 10** es bildet Silbenketten (zB. Dadada)
- 11** es verwendet "Mama" und "Papa" sinngemäß
- 12** es kann ein Wort außer "Mama" und "Papa" sagen
- 13** es kann ca. 6 Wörter sagen
- 14** es kann Bilder benennen
- 15** es kann einfache Aufträge befolgen
- 16** es kann Körperteile zeigen

Alter	weiß nicht

03 FRAGEN ZUM ZEHENGANG

- 01** Haben Sie je beobachtet, dass Ihr Kind gewisse Zeit auf Zehenspitzen lief?:

nie	
vorübergehend	
jetzt noch ab und zu	
immer	

Fällt Ihnen sonst Ungewöhnliches auf, wenn Ihr Kind läuft?

- 02** Fällt oder stolpert es häufig?
- 03** Läuft es sehr unsicher oder schwankend?
- 04** Ermüdet es schnell?
- 05** Muss es sich abstützen?
- 06** Gibt es andere Auffälligkeiten? Welche? _____

ja	nein

07 Hatte Ihr Kind einen Babyhopser?

08 Hatte Ihr Kind einen Gehfrei?

ja	nein

04 FRAGEN ZU IHRER FAMILIE

01 Ging/geht jemand in der Familie je auf Zehenspitzen? Wer? _____

02 Gibt es in Ihrer Familie Auffälligkeiten an den Füßen oder beim Gehen?

03 Gibt es in Ihrer Familie Krankheiten der Muskeln?

04 Gibt es in Ihrer Familie Krankheiten des Gehirns?

05 Gibt es in Ihrer Familie Krankheiten der Nerven?

Vielen Dank für Ihre Mühe!

Alter	weiß nicht

- | |
|--|
| |
| |
| |

[illegible]

- [illegible]

Vielen Dank für Ihre Mühe!

Danksagung

Zunächst möchte ich mich bei allen Eltern und Kindern – den Patienten aus der Kinderarztpraxis in Butzbach und der Orthopädie -Schuhtechnik Jahrling in Giessen – bedanken. Nur durch ihre bereitwillige und kooperative Mitarbeit konnte diese Arbeit zustande gekommen.

Für die Überlassung des Themas und die tatkräftige Unterstützung danke ich herzlichst meinem Doktorvater Herrn Professor Dr. G. Neuhäuser. Er hat mit seinen konstruktiven Vorschlägen, seinen konkreten Hilfestellungen und seiner stets prompten Hilfe einen großen Anteil am Gelingen der Arbeit.

Ein ganz großer Dank geht an die Ärzte Dr. Richter, Dr. Müller, Dr. Stier, Dr. Schulze - Velmede und alle Mitarbeitern der Kinderarztpraxis in Butzbach, die mich ganz selbstverständlich in ihren Praxisablauf einbezogen, mir immer mit Rat und Tat zur Seite standen und mir viel von ihrer langjährigen Erfahrung weitergaben.

Ein ebenso großer Dank gilt dem Orthopädie -Schuhtechniker Lothar Jahrling. Er beteiligte sich mit viel Enthusiasmus und Hilfsbereitschaft an der Arbeit und unterstützte mich, wo es nur möglich war.

Ein weiterer Dank an Herrn Dr. Pabst für die statistische Betreuung und Beratung.

Vor allem danke ich aber auch meiner Familie. Sie machten es mir durch ihr Vertrauen und Ihre Unterstützung überhaupt erst möglich, dass es zu dieser Arbeit kam. Auch in praktischer Hinsicht konnte ich jederzeit auf ihre Hilfe zählen. Vielen Dank hier vor allem an Sabine für die Layout-Gestaltung der Fragebögen.

Und schließlich vielen Dank an Michael für seine Hilfe in jeder Hinsicht in der Endphase der Arbeit.

Lebenslauf

Persönliche Angaben

Name: Annette Monika Kornbrust
 Eltern: Hubert und Brigitte Kornbrust
 Geburtsdatum: 19. September 1971
 Geburtsort: Würzburg
 Familienstand: ledig

Schulbildung

09/1977 - 07/1981 Grundschule Bad Königshofen
 09/1981 - 06/1990 Gymnasium Bad Königshofen
 Abschluss: Allgemeine Hochschulreife

Universitätsausbildung

05/1991 - 04/1993 Studium der Romanistik,
 Julius-Maximilians-Universität Würzburg und Universität
 Passau
 05/1993 - 04/1995 Studium der Humanmedizin,
 Julius-Maximilians-Universität Würzburg
 04/1995 - 11/1999 Studium der Humanmedizin,
 Justus-Liebig-Universität Gießen

Prüfungen

03/1995 Ärztliche Vorprüfung
 04/1996 erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
 04/1998 zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
 11/1999 dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

Dissertation

10/1996 - 11/2000 Arbeit an der Dissertation in der Kinderarztpraxis Richter/Müller/Stier/Schulze-Weilme, der Orthopädie
 Schuhtechniken Jahrling und der Justus-Liebig-Universität
 Gießen

Famulaturen

09/1995 - 10/1995	Chirurgie am Kreiskrankenhaus Bad Neustadt
08/1996 - 09/1996	Innere Medizin, Eeuwfeestkliniek Antwerpen, Belgien
09/1996 - 10/1996	Geburtshilfe, Medisch Centrum Alkmaar, Niederlande
02/1997 - 03/1997	Pädiatrie, Kinderarztpraxis Richter/Müller/Stier/Schulze-Velmede, Butzbach
08/1997 - 09/1997	Pädiatrie, St. Ann's Bay Hospital, Jamaika

Praktisches Jahr

10/1998 - 01/1999	Pädiatrie, Zentrum für Kinderheilkunde der Universität Justus-Liebig-Universität Gießen
02/1999 - 05/1999	Chirurgie, Hôpital Régional de Martigny, Schweiz
06/1999 - 09/1999	Innere Medizin, Universitätsklinik Nijmegen, Niederlande

ÄiP- und Assistenzarztzeit

seit 02/2000	am Zentrum für Kinderheilkunde der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
--------------	--

Bonn, 11.11.2001

!